

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 552.578.3

ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД КРЕЙДОВИХ ВІДКЛАДІВ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ ЯК ОДИН ІЗ КРИТЕРІЇВ ЇХ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ

І.Р. Михайлів, А.П. Мазур

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727104,
e-mail: iramykhailiv@ukr.net, mazur_anna_pav@mail.ru

На сьогодні гідрогеологічні дослідження, які проводяться при пошуках покладів нафти і газу, в комплексі з іншими методами є досить ефективними. Їх головна мета – отримання необхідних даних для підвищення результативності розвідки надр і прискорення відкриття нових родовищ нафти і газу. Гідрогеологічні дослідження знижують імовірність пропусків продуктивних горизонтів та дають змогу передбачити наявність вуглеводнів у певних горизонтах. За відсутності в розрізі продуктивних горизонтів гідрогеологічні дослідження допоможуть це підтвердити.

Оскільки гідрогеологічним критеріям належить велика роль в оцінюванні перспектив нафтогазоносності надр, нами обґрунтовано комплекс гідрохімічних і гідродинамічних показників, що дало змогу виконати оцінку перспектив крейдових відкладів Зовнішньої зони.

Основними результуючими документами таких досліджень є карти гідрогеологічних показників, побудовані на генетичних коефіцієнтах rNa^+/rCl , $rSO_4^{2-} \cdot 100/rCl$, rCl/rBr , вмісті іону rSO_4^{2-} , мінералізації та градієнті мінералізації.

Оцінено режим водообміну досліджуваної ділянки, визначено тип води, охарактеризовано ступінь метаморфізму та виділено зони гідрогеологічної закритості надр, що дало можливість визначити ділянки з можливими скопченнями нафти і газу за всіма описаними коефіцієнтами.

Встановлено, що перспективи нафтогазоносності крейдових відкладів переважно пов'язані з Косівсько-Угерською підзоною, у межах якої присутня зона утрудненого водообміну, та виділено ділянку з дуже утрудненим водообміном. Найсприятливішими умовами для накопичення та утримання вуглеводнів у крейдових відкладах характеризується центральна її частина, розміщена поблизу Дашавського, Кадобнянського та Болохівського родовищ. Ділянки зі схожими характеристиками також виділяються в південно-східній піднасувній частині Зовнішньої зони.

Ключові слова: критерії, генетичні коефіцієнти, гідрогеологічні карти, автохтон, перспективи, крейдові відклади.

В настоящее время гидрогеологические исследования, проводимые при поисках залежей нефти и газа, в комплексе с другими методами обладают высокой эффективностью. Их главная цель – получение необходимых данных для повышения результативности разведки недр и ускорение открытия новых месторождений нефти и газа. Гидрогеологические исследования снижают вероятность пропусков продуктивных горизонтов и позволяют предположить наличие углеводородов в определенных горизонтах, а при отсутствии таковых, помогают это подтвердить.

Так как гидрогеологические критерии выполняют значительную роль в оценке перспектив нефтегазоносности недр, нами обоснован комплекс гидрохимических и гидродинамических характеристик, позволяющий провести оценку перспектив меловых отложений Внешней зоны.

Основными результующими документами таких исследований являются карты гидрогеологических показателей на генетических коэффициентах rNa^+ / rCl , $rSO_4^{2-} \cdot 100 / rCl$, rCl / rBr , содержании иона rSO_4^{2-} , минерализации и градиента минерализации.

Оценен режим водообмена исследуемого участка, определены типы воды, дана оценка степени метаморфизма и выделены зоны гидрогеологической закрытости недр, что позволило определить участки с возможными скоплениями нефти и газа по данным вышеописанных коэффициентов.

Установлено, что перспективы нефтегазоносности меловых отложений обычно связаны с Косовско-Угерской подзоной, в зоне утрудненного водообмена и выделен участок со сверхтрудненным водообменом. Наиболее благоприятными условиями для накопления и содержания углеводородов в меловых отложениях обладает центральная ее часть возле Дашавского, Кадобнянского и Болховского месторождений. Участки с похожими характеристиками также выделены в юго-восточной поднадвинутой части Внешней зоны.

Ключевые слова: критерии, генетические коэффициенты, гидрогеологические карты, автохтон, перспективы, меловые отложения.

Hydrogeological studies, carried out in complex with other methods for oil and gas exploration, became quite effective at present. Their main purpose is to obtain the necessary data for efficiency improvement of exploration survey and new oil and gas field discovery. Hydrogeological studies reduce the probability of missing producing horizons and allow predicting the presence of hydrocarbons in certain horizons. In case producing horizons are absent in the section, hydrogeological studies can help to prove it.

Since hydrogeological indices are very important for estimating the subsurface oil-and-gas-bearing capacity potential, we have justified the complex of geochemical and hydrodynamic indices that allowed us to evaluate the outer zone Cretaceous deposits potential.

The main resulting documents of such studies include maps of hydrogeological indices. They were developed on the basis of determination of the genetic coefficients rNa^+/rCl^- , $rSO_4^{2-} \cdot 100/rCl^-$, rCl^-/rBr^- ; content of ion rSO_4^{2-} ; mineralization, and mineralization degree.

Conclusions concerning the water exchange mode of the area under study were made, type of water was determined, degree of metamorphism was characterized, and subsurface hydrogeological closedness zone was identified. This provided a possibility to identify the areas with possible oil and gas accumulations on the basis of the data in accordance with the all the coefficients described.

It was found out that petroleum potential of the Cretaceous deposits is mostly connected with the Kosiv-Uherske Subzone, within the boundaries of which there is a zone with a very hindered water exchange. The most favorable conditions for accumulation and entrapment of hydrocarbons in the Cretaceous deposits are a characteristic feature of its central part near the Dashavske, Kadobnianske, and Bolokhivske fields. The areas with similar characteristics were also identified in the south-eastern arched portion of the Outer zone.

Key words: criteria, genetic coefficients, hydrogeological maps, autochthon, potential, Cretaceous deposits.

Вступ

Передкарпатський прогин є одним із найстаріших нафтогазовидобувних регіонів України. Зокрема, у Зовнішній зоні на сьогодні відкрито понад 39 родовищ нафти і газу та виявлено понад 175 покладів, переважна більшість яких пов'язана з неогеновими відкладами. У той час з мезозойськими відкладами слід пов'язувати перспективи відкриття нових родовищ вуглеводнів.

Встановлення та обґрунтування нафтогазоносності крейдових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину виконано за низкою (або комплексом) гідрогеологічних ознак, до яких належать: формування хімічного складу вод, вилуговування гірських порід, метаморфізація підземних вод та виділення сприятливих зон для накопичення та утримування нафти і газу [8].

Характеристика та аналіз карт гідрогеологічних показників

Одним із перших, хто широко вивчав геохімію підземних вод, у тому числі і води нафтових родовищ є В.І. Вернадський. У відповідності з критеріями В.І. Вернадського всі пошукові ознаки поділяються на чотири групи. До першої групи відносяться геолого-тектонічні і колекторські показники, до другої групи – гідрохімічні та гідродинамічні, до третьої – газові і до четвертої – мікробіологічні. Усі ознаки поділяються на регіональні та локальні, прямі та непрямі. У даній роботі нами розглядаються ознаки, що відносяться саме другої групи (рис.1) [2].

За характером прояву гідрогеологічні критерії поділяються на **гідрохімічні та гідродинамічні** [4].

Особливості хімічного складу, що притаманні підземним водам нафтогазових родовищ, відносяться до гідрохімічних показників нафтогазоносності. В якості гідрохімічних показників нафтогазоносності використовують різноманітні хімічні компоненти, мікроелементи та коефіцієнти, що визначаються за їх співвідношенням.

Визначення генетичних коефіцієнтів rNa^+/rCl^- , $rSO_4^{2-} \cdot 100/rCl^-$, rCl^-/rBr^- , вміст іону rSO_4^{2-} , мінералізації, градієнта мінералізації виконані у результаті хімічного аналізу відібраних проб пластової води з крейдових відкладів майже 100 свердловин, які пробурені у межах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину (табл. 1) [1].

Основними результатуючими документами гідрохімічних та гідродинамічних досліджень є карти гідрогеологічних коефіцієнтів. Зважаючи на велику кількість показників, рекомендується будувати серію карт [3].

Гідрохімічні карти відображають характер зміни іонного складу води по площі. Це дає змогу скласти уявлення про мінералізацію пластових вод, їх хімічний склад, генетичний тип води за В.А. Суліним, ступінь метаморфізації (rNa^+/rCl^-), сульфатність ($rSO_4^{2-} \cdot 100/rCl^-$), значення хлор-бромного коефіцієнта (rCl^-/rBr^-), вміст сульфатів (rSO_4^{2-}).

Володіючи даними по кожному з вищеприказаних коефіцієнтів, можна з легкістю охарактеризувати їх зміну та зробити висновки щодо режиму водообміну досліджуваної ділянки, визначити тип води, охарактеризувати ступінь метаморфізму, виділити зони гідрогеологічної закритості надр та в кінцевому варіанті визначити ділянки з можливими скупченнями нафти і газу [10].

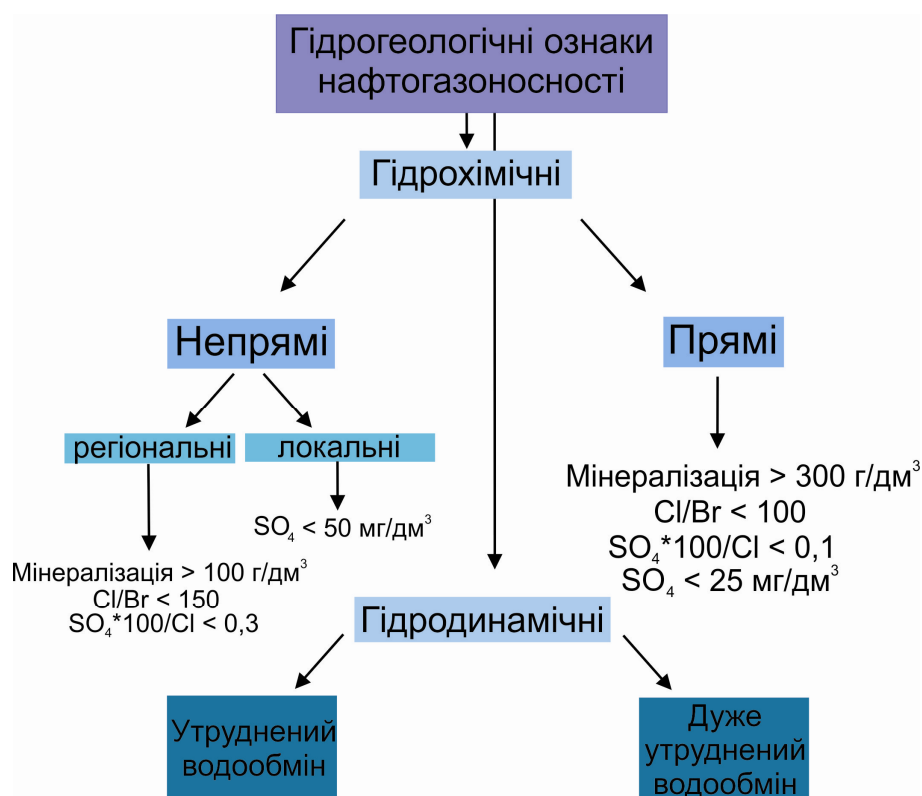


Рисунок 1 – Схема гідрогеологічних ознак нафтогазоносності, [2] з доповненнями А.П. Мазур

Таблиця 1 – Результати хімічного аналізу пластової води з крейдових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину [1], з доповненнями А.П. Мазур

Свердловини	Мінералізація, г/дм ³	Гradient мінералізації, мг/дм ³ /м	Генетичний коефіцієнт rNa/rCl	Генетичний коефіцієнт rCl/rBr	Коефіцієнт rSO ₄ ²⁻ * 100/rCl	Вміст rSO ₄ ²⁻ мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7
45-Малогорожанська	20,3	65,41	1,11	424,0	32,12	3804,0
30-Малогорожанська	33,6	61,83	0,96	630,0	10,30	2428,0
35-Малогорожанська	17,9	26,82	1,00	876,0	9,18	1227,0
5-Малогорожанська	18,2	30,33	0,99	126,0	13,96	1109,0
4-Рубанівська	173,4	33,68	0,77	244,0	0,57	828,9
2-Північно-Мединицька	141,4	58,14	0,79	203,8	0,62	781,0
1-Північно-Мединицька	43,8	28,87	0,85	765,0	3,71	1232,0
45-Опинянська	154,8	77,69	0,83	326,0	0,66	861,0
35-Більче-Волицька	55,2	53,57	0,93	249,0	0,29	131,0
65-Більче-Волицька	36,3	33,99	0,90	208,0	0,33	141,5
52-Більче-Волицька	28,3	19,21	0,97	1460,0	0,17	39,8
3-Угерська	77,4	72,41	0,91	277,0	0,09	58,0
11-Північно-Мединицька	118,5	81,49	0,90	251,0	0,01	11,1
90-Більче-Волицька	32,3	26,90	0,91	134,0	0,23	99,8
35-Північно-Мединицька	85,3	79,37	0,91	270,0	0,37	131,9
18-Північно-Мединицька	113,7	47,10	0,85	249,0	1,71	1667,0
6-Угерська	95,6	65,47	0,89	346,3	2,20	1816,0
98-Угерська	50,2	45,58	0,92	421,0	0,37	92,7

Продовження таблиці 1

Свердловини	Мінералізація, г/дм ³	Градiєнт мінералізації, мг/дм ³ /м	Генетичний коефіцієнт rNa/rCl	Генетичний коефіцієнт rCl/rBr	Коефіцієнт rSO ₄ ²⁻ * 100/rCl	Вміст rSO ₄ ²⁻ мг/дм ³
1	2	3	4	5	6	7
106-Угерська	101,5	72,53	0,89	197,0	2,81	2296,0
11-Летнянська	116,1	76,65	0,99	239,0	0,77	732,0
8-Північно-Мединицька	141,0	54,48	0,89	185,5	0,61	786,0
5-Угерська	73,6	48,06	0,87	434,6	2,77	1572,0
19-Північно-Мединицька	107,2	44,29	0,88	240,0	1,52	1332,0
15-Летнянська	15,2	9,43	0,81	295,0	2,60	320,6
8-Гаївська	145,6	84,49	0,84	709,0	13,04	5727,0
85-Дашавська	64,8	72,11	0,90	420,0	2,00	1000,0
10-Кадобнянська	47,7	47,98	0,86	402,0	0,53	205,7
4-Гринівська	125,9	95,01	0,89	262,0	2,05	2042,0
16-Гринівська	137,9	108,20	0,91	207,0	1,89	2031,0
3-Гринівська	86,7	66,90	0,89	290,0	0,82	575,0
1-Гринівська	92,8	72,78	0,91	302,0	2,60	1908,0
21-Гринівська	121,2	92,77	0,86	285,0	1,84	1818,0
10-Гринівська	71,8	59,47	0,89	306,0	2,55	1461,0
62-Богородчанська	102,8	66,47	0,91	498,0	3,95	3167,0
50-Косівська	43,7	41,08	0,97	247,0	7,98	2593,0
3-Красноільська	16,2	12,18	1,15	312,0	25,93	2652,0
5-Красноільська	81,0	49,87	0,89	324,0	7,04	4370,0
8-Лопушнянська	174,7	41,61	0,71	9602,0	0,48	329,2
6-Лопушнянська	206,1	48,69	0,95	1582,0	4,97	4156,0
9-Лопушнянська	269,2	62,58	0,83	677,3	0,43	712,0
4-Лопушнянська	269,9	64,12	0,73	405,5	0,10	98,0

Характерною особливістю хімічного складу підземних вод нафтових і газових родовищ є **сульфатність**. Як правило, даний показник представляється у вигляді коефіцієнта сульфатності – $rSO_4^{2-} \cdot 100/rCl$, який відноситься до групи прямих локальних показників [3]. Для оцінки насичення води сульфатами використовують формулу $SO_4 = 108/d^2$, де d – густина води, г/см³.

Понижений вміст сульфатів у підземних водах (або їх сульфатність) багато авторів [6,7] вважають надійним показником нафтогазоносності, оскільки відновлення сульфатів у водах нафтогазових родовищ відбувається за участі анаеробних бактерій в присутності органічної речовини, в тому числі нафти і газу.

Зазвичай, сульфатність вод неглибоких горизонтів у зоні активного водообміну змінюється в межах 10-500, тоді як в межах глибоко-занурених метаморфізованих водах – значно менше 1.

Якщо вміст іону SO_4^{2-} не перевищує значення 50 мг/дм³, то його можна враховувати лише як непрямую ознаку. Якщо кількість сульфатів у підземних водах менше 25 мг/дм³, а вода є високомінералізована, то це є прямою ознакою наявності близького розташування ВНК або ГВК [4].

З метою дослідження зміни по площі коефіцієнта сульфатності крейдових відкладів, побудовано відповідна карту, на якій за допомогою ізоліній представлено значення коефіцієнта $rSO_4^{2-} \cdot 100/rCl$ та вміст сульфатів (SO_4^{2-}) (рис. 2).

Аналіз побудованої карти свідчить, що у північно-західній частині Косівсько-Угерської підзони знаходяться дві ділянки, для яких коефіцієнт сульфатності не перевищує 0,1. Одна з них приурочена до Дрогобицько-Щирецького поперечного порушення (досліджувана св. 11-Північно-Мединицька – 0,01), інша – до Стрийського поперечного розлому (св. 3-Угерська – 0,09). Далі у напрямку на північний схід значення коефіцієнта поступово зростають та змінюються в межах від 0,1 до 0,3 (св. 35, 52 та 90-Більче-Волицька). На півночі у зоні Судово-Вишнянського тектонічного порушення (св. 35-Північно-Мединицька, 65-Більче-Волицька) та на схід до Стрийського розлому (св. 98-Угерська) – вони становлять від 0,3 до 0,5 (рис. 1). Зважаючи на те, що значення коефіцієнта сульфатності не перевищує 1, то ці ділянки характеризуються сприятливим гідрохімічним фоном для нафтонагромадження [3].

Значення коефіцієнта сульфатності менше 0,5 спостерігаються також у центральній части-

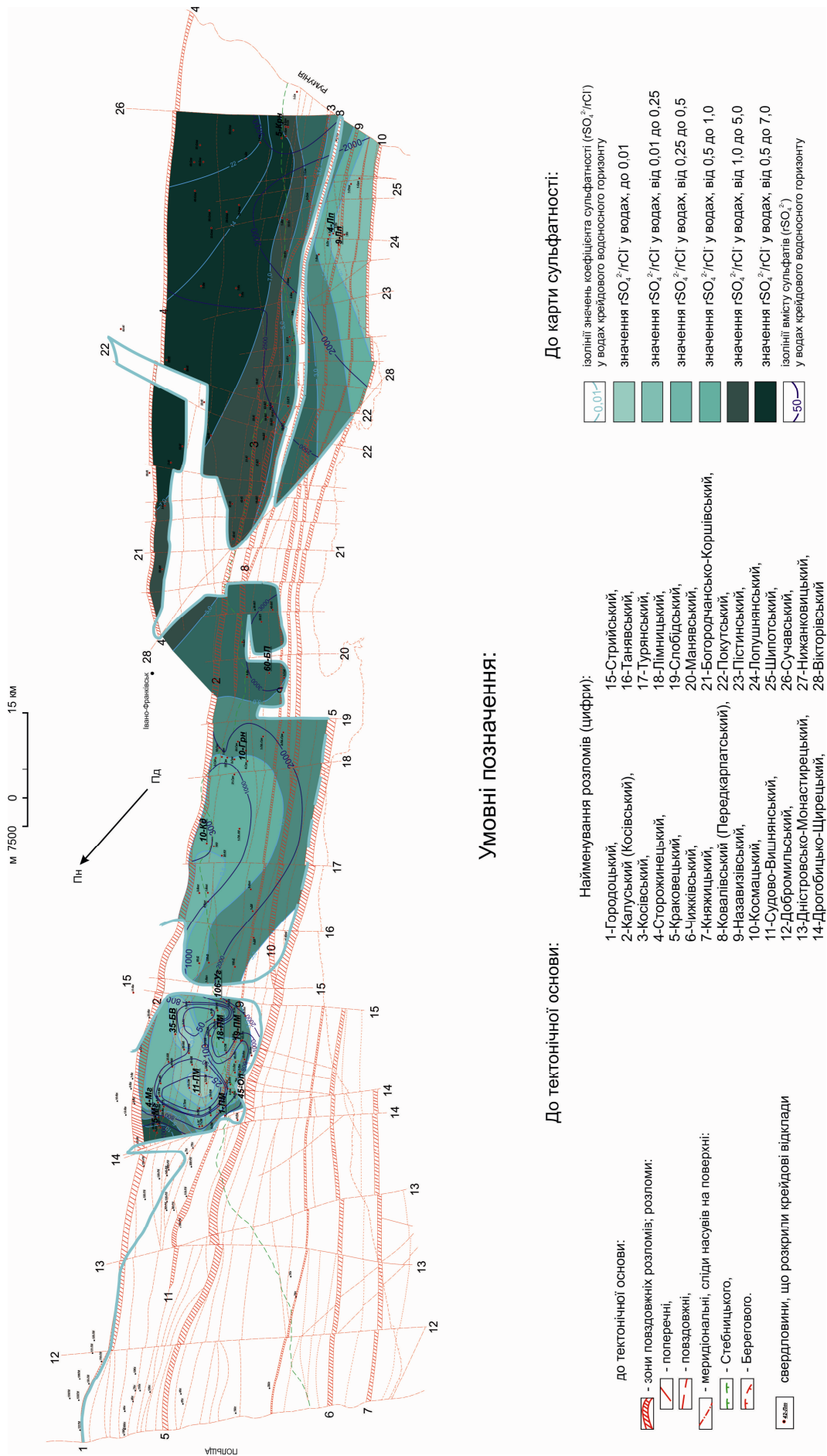


Рисунок 2 – Карта сульфатності вод крейдових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину (склала Мазур А. П. з використанням матеріалів Н.З. Величко, тектонічна основа О.О. Щерби)

ні досліджуваної території, однак далі на південний схід у ділянці обмеженій повздовжніми тектонічними розломами значення показника поступово зростають.

Розглядаючи піднасувну ділянку автохтона Зовнішньої зони, особливо цікаві аномалії спостерігаються в районі Лопушнянського родовища (Лопушнянська підзона), де в тектонічно-обмеженій ділянці, де пробурені свердловини 4, 6, 8, 9-Лопушнянські, сульфатність змінюється від 0,10 до 4,97. А вже ближче до Сторожинецької підзони, що в північному напрямі, сягає близько 26 (свердловина 3-Красноільська).

Основним локальним показником нафтогазоносності, що може свідчити про можливе газоутворення є вміст іону SO_4^{2-} . Північно-західна частина досліджуваної зони характеризується переважно пониженими значеннями іонного коефіцієнта. Так, у водах зі свердловин 11-Північно-Мединицька значення SO_4^{2-} сягає своїх найменших значень 11,12 мг/дм³, тоді як в північно-східному напрямі (св. 52-Більче-Волицька) його вміст поступово зростає і становить 39,8 мг/дм³. Подальше зростання показника спостерігається також у східному напрямі (100 і більше мг/дм³) і поширюється до Стрийського поперечного тектонічного порушення. Ділянки, де вміст SO_4^{2-} іону менше 150 мг/дм³ (що є однією з непрямих ознак нафтогазоносності), знаходяться і вище, і нижче вищеописаних зон (св. 35-Північно-Мединицька та 5,65-Більче-Волицька). По периферії зони концентрація SO_4^{2-} характеризується досить різким підвищенням і на деяких ділянках досягає значень, що перевищують позначку 3000 мг/дм³. У центральній частині Зовнішньої зони (св. 10-Кадобнянська), у тому числі в районі Гринівського та Богородчанського родовищ, проходить поступове збільшення насичення вод SO_4^{2-} іонами від 206 до 3167 мг/дм³ у свердловинах. Далі, на південний схід води в районі Лопушнянського родовища містять іон від 98 мг/дм³ (4-Лопушнянська) до 712 мг/дм³ (9-Лопушнянська), а вже в північному напрямі ці значення зростають до максимальних показників – 4370 мг/дм³ (свердловина 5-Красноільська) (рис. 2).

Найхарактернішим і найлегшим у визначенні показником підземних вод, що вказує на близьке розташування нафтогазових покладів, є **мінералізація**. Кількість солей, розчинених у підземних водах, може коливатися у досить широких межах. За мінералізацією води поділяються на: прісні (до 1 г/дм³), солонуваті (1-10 г/дм³), солоні (10-50 г/дм³) і розсоли (50-400 г/дм³) [3]. Найбільш продуктивним горизонтам притаманні води, мінералізація яких становить 300-400 г/дм³. Проте можливі й винятки, коли поклади газу можуть довго зберігатися в умовах утворення малосоленої води, за сприятливих гідродинамічних умов [2, 3].

Гідрохімічним показником умов водообміну є **метаморфізація** – перетворення складу підземних вод, що пов'язане з гідрогеологічною історією району, у якому відбувається поступове вилуговування гірських порід на глибині [5]. Вона характеризується показником

rNa^+/rCl . Його часто називають коефіцієнтом ступеня метаморфізму вод. У процесі метаморфізму морської води вміст Ca^{2+} зростає за рахунок зменшення вмісту rMg^{2+} та rNa^+ , тому чим меншими за 0,85 є значення натрій-хлорного показника у воді, тим більшим є ступінь її метаморфізму. Для води характерна велика кількість CaCl_2 [5].

Значення вищезгаданого показника сульфатності $\text{rSO}_4^{2-} \cdot 100/\text{Cl}$ також свідчать про метаморфізацію води. Якщо $\text{rSO}_4^{2-} \cdot 100/\text{Cl} < 0,1$, то це є прямою ознакою нафтогазоносності. При значеннях коефіцієнта сульфатності від 0,1 до 0,3 – відноситься до непрямих.

Основою гідрохімічних показників нафтогазоносності є класифікація води за В.А. Суліним. В основі даної класифікації закладено генетичний принцип, згідно якого води, які формуються в певних природних умовах, утримують в своєму складі певні компоненти. Зазвичай, до них відносяться сульфати і гідрокарбонати натрію, хлориди магнію і кальцію. Кожен із цих компонентів, навіть у незначних кількостях, допомагає віднести досліджувану воду до певного генетичного типу [6].

Також за генетичним коефіцієнтом rNa^+/rCl визначають приналежність води до того чи іншого генетичного типу. Також у поєднанні з мінералізацією коефіцієнт дає можливість визначити різні режими водообміну.

Води, для яких значення хлорнатрієвого коефіцієнта більше 1, відносяться до гідрокарбонатно-натрієвого або сульфатнонатрієвого типу, якщо – менше 1, то води належать до хлоридно-магнієвого або ж хлоридно-кальцієвого типу [5].

Генетичний тип води, значною мірою, залежить від мінералізації [6]. На фоні високої мінералізації води (100-300 г/дм³) при понижених значеннях rNa^+/rCl , води хлоридно-магнієвого типу метаморфізуються у хлоридно-кальцієвий. Менш мінералізовані солоні води (до 10 г/дм³), для яких коефіцієнт rNa^+/rCl більше 1, перетворюються у гідрокарбонатно-натрієвий генетичний тип [4].

Хлоридно-кальцієвий тип води зі значенням мінералізації 90-100 г/дм³ вказує на близьке розташування зони тектонічних порушень, а при мінералізації 3-35 г/м³ є показником присутності скупчень нафти і газу. На рисунку 3 можна прослідкувати зміну мінералізації води крейдового віку по площі.

Для побудови карти метаморфізації використано значення коефіцієнту rNa^+/rCl , мінералізації та генетичні типи води за Суліним: хлоридно-кальцієвий та гідрокарбонатно-натрієвий (рис. 3).

У переважній більшості свердловин, якими розкрито крейдові відклади Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, відібрані та досліджені проби води, що характеризуються підвищеною мінералізацією, яка становить більше 100 г/дм³ та пониженими значеннями коефіцієнта rNa^+/rCl .

Північно-західна частина Косівсько-Угерської підзони досліджуваної території між

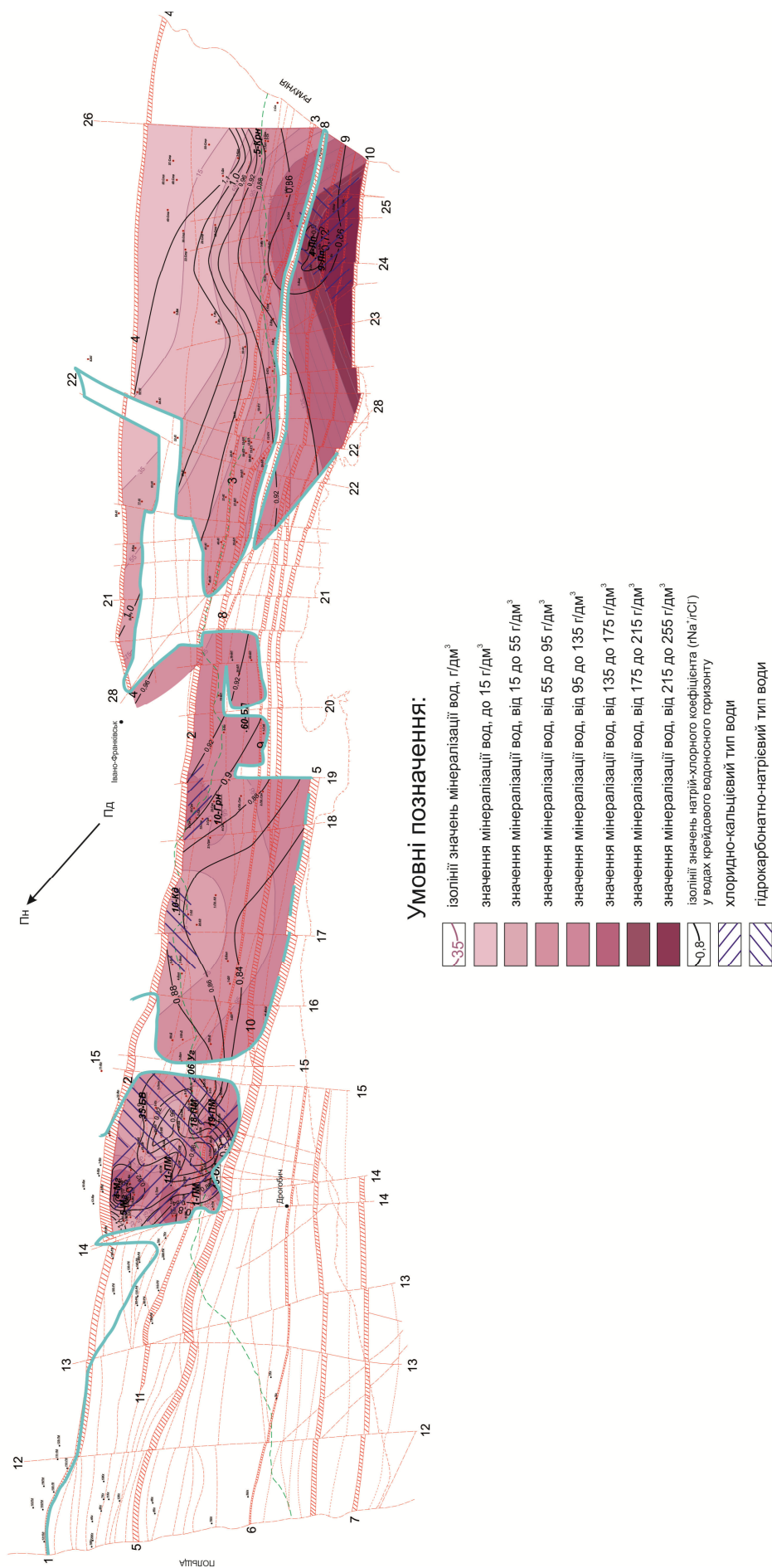


Рисунок 3 – Карта метаморфізації та генетичних типів вод крейдових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину (склала Мазур А. П. з використанням матеріалів Н.З. Величко, тектонічна основа О.О. Щерби)

Калуським та Дрогобицько-Щирецьким розривними порушеннями характеризується підвищеними значеннями мінералізації, при значно понижених значеннях натрій-хлорного коефіцієнта, який не перевищує 0,7. Це свідчить про поширення хлоркальцієвого типу води [3], що, у свою чергу, підтверджується хімічним аналізом пластових вод зі свердловин 4-Рубанівська, 8-Північно-Мединицька та ін.

Для ділянки Косівсько-Угерської підзони в районі Городоцького повздовжнього та Стрийського поперечного тектонічних порушень характерні понижені значення мінералізації (до 55 г/дм^3), а коефіцієнт $r\text{Na}^+/r\text{Cl}^-$ зростає і сягає значень близьких до 1. Тип води ймовірно гідрокарбонатно-натрієвий (рис. 3).

У напрямку до Судово-Вишнянського тектонічного порушення води крейдових відкладів характеризуються пониженими значеннями мінералізації, показник $r\text{Na}^+/r\text{Cl}^-$ більше за 0,85, проте менший за 1. Тип води, найімовірніше, хлоридно-кальцієвий. У пробах досліджуваної води крейдового віку, відібраної зі свердловин 1,18-Північно-Мединицькі, 45-Опарська, 8-Гаївська, 15-Летнянська натрій-хлорний коефіцієнт змінюється в межах 0,7-0,85.

Підвищені показники мінералізації води (перевищують значення 100 г/дм^3) спостерігаються також у центральній частині Зовнішньої зони між Лімницьким та Слобідським тектонічними порушеннями (св. 4, 16, 21-Гринівські та 6-Богородчанська). Значення натрій-хлорного коефіцієнта ($r\text{Na}^+/r\text{Cl}^- < 1$) (рис. 3).

Значення показника $r\text{Na}^+/r\text{Cl}^-$ для піднасувної ділянки Зовнішньої зони (Лопушнянська підзона) найбільш понижені ($< 0,7$) у районі Лопушнянського родовища (св. 4, 8-Лопушнянські), проте у свердловинах 9-Лопушнянська та 6-Лопушнянська вони сягають 0,83 та 0,95 відповідно. Мінералізація пластових вод коливається в межах $100\text{-}300 \text{ г/дм}^3$, проте поступово знижується у північному напрямі і вже в свердловині 3-Красноільська дорівнює $16,2 \text{ г/дм}^3$. Те саме відбувається із значенням хлор-натрієвого коефіцієнта. Це свідчить про поширення хлоркальцієвого та подекуди гідрокарбонатно-натрієвого типу води в Лопушнянській підзоні, що переходить в хлоридно-магнієвий в районі Сторожинецького родовища (рис. 3).

Існування сприятливої гідродинамічної обстановки для формування вуглеводневих покладів також можна встановити за аналізом палеогідродинамічних показників вод крейдового періоду Зовнішньої зони Передкарпатського прогину.

Наступний гідрохімічний коефіцієнт, який впливає на визначення *гідрогеологічної закритості надр*, що, в свою чергу характеризує зони можливого газоутворення, є хлор-бромний коефіцієнт – $r\text{Cl}/r\text{Br}$. У морській воді його значення становить 292. У процесі метаморфізації і збільшенні мінералізації значення коефіцієнта знижується до позначки 100 і нижче. У випадку вилуговування соленосних товщ величина його різко зростає і сягає $1000\text{-}2000$ і більше. Таким чином, величину хлор-бромного коефіцієнта

можна використовувати як показник процесів формування розсолів і виділення у розрізі соленосних товщ, які забезпечують гідрогеологічну закритість надр. Також деякі дослідники значення $r\text{Cl}/r\text{Br}$ коефіцієнта розглядають як ознаку близького розташування нафтогазових покладів [5].

Для точнішого визначення гідрогеологічної закритості надр, дані коефіцієнтів слід пов'язувати також з гідродинамічною зональністю та генетичним типом води на основі гідрохімічних коефіцієнтів [4].

Промислові скупчення нафти і газу переважно приурочені до гідрогеологічно закритих структур. Визначення ділянок гідрогеологічної закритості надр, а, отже, і можливих зон газоутворення, також проводиться за коефіцієнтом сульфатності. Ознакою ізоляції надр та можливо наявністю покладів нафти і газу є значення коефіцієнта $r\text{SO}_4^{2-} \cdot 100/r\text{Cl}^-$, що не перевищують 0,1 (рис. 4).

З метою визначення зон гідрогеологічної закритості надр побудована відповідна карта зміни градієнта мінералізації (відношення мінералізації в мг/дм^3 до глибини залягання води в метрах), значень хлор-бромного коефіцієнта та коефіцієнта сульфатності [3].

Аналізуючи карту, особливу увагу слід приділяти зміні градієнта мінералізації. Райони, де його значення поступово знижується – є найперспективнішими у нафтогазоносному відношенні (рис. 4). Водночас, коефіцієнт $r\text{Cl}/r\text{Br}$ повинен максимально зростати, а коефіцієнт сульфатності навпаки – знижуватися (його підвищені значення свідчать про порушення гідрогеологічної закритості надр).

Під *гідрогеологічною зональністю* розуміють характер поширення зон і областей активного, утрудненого та дуже утрудненого (стагнаційного) режимів водообміну. Відомо, що скупчення нафти і газу переважно приурочені до зон стагнаційного режиму водообміну, рідше знаходяться в зоні утрудненого водообміну і зовсім відсутні в зоні активного режиму водообміну [4].

Як вже зазначалось вище, виділення зон різного режиму виконується за результатами визначення хімічного складу підземних вод крейдового віку, визначенні генетичного коефіцієнта $r\text{Na}/r\text{Cl}$ та їх мінералізації.

Зона активного водообміну інтенсивно живиться прісними інфільтрогенними водами та інтенсивно дренується. Для неї притаманне переважання гідрокарбонатно-кальцієвих та магнієво-кальцієвих вод. Відношення $r\text{Na}/r\text{Cl}$ у більшості випадків більше 1.

У зоні утрудненого водообміну зустрічаються як давньоінфільтрогенні, так і седиментогенні води. Вони характеризуються вповільненим рухом і слабким дренаванням. За мінералізацією води належать до солонуватих (до 10 г/дм^3), відношення $r\text{Na}/r\text{Cl}$ коливається у межах 0,87-1,0.

Зонам дуже утрудненого водообміну властиві седиментогенні та інфільтрогенні води давніх геологічних епох. Вони ізольовані від

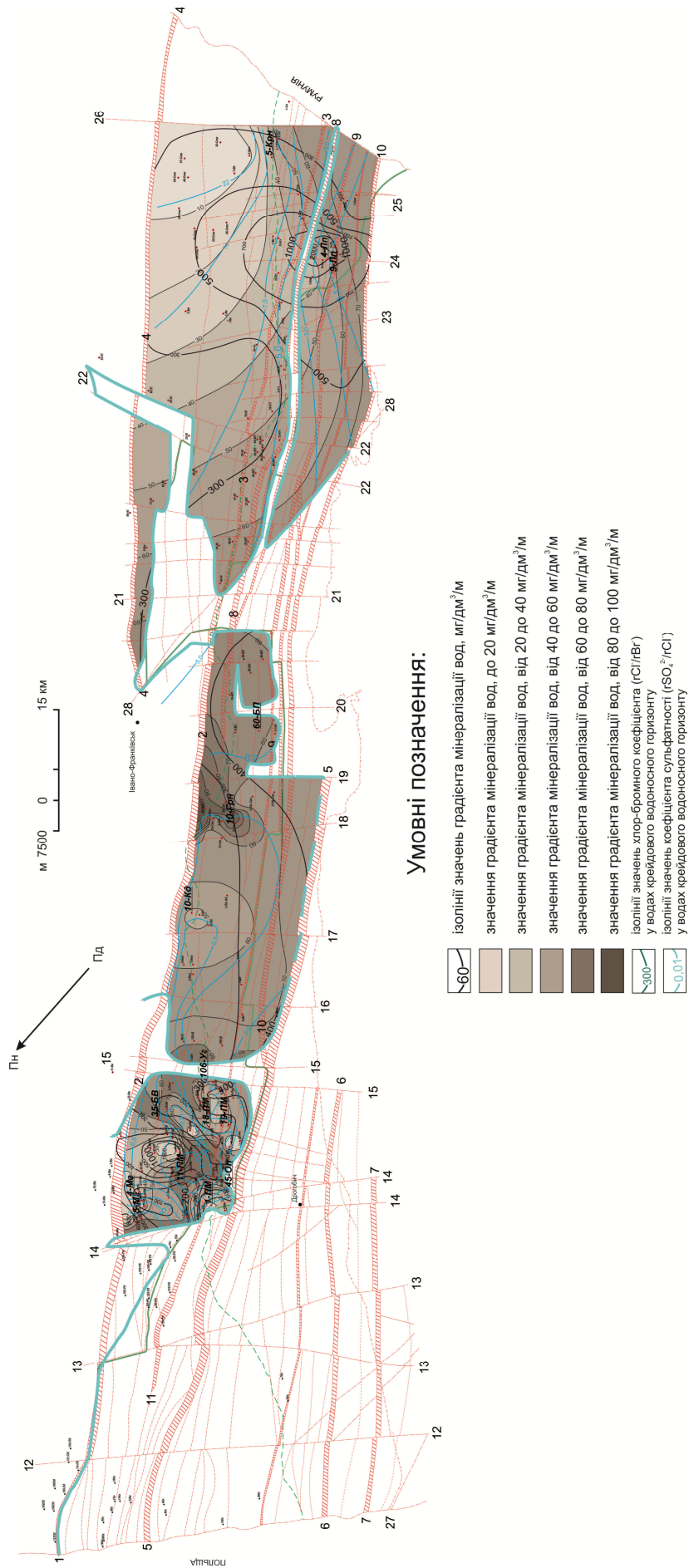


Рисунок 4 – Карта гідрогеологічної закритості надр у крейдових відкладах Зовнішньої зони Передкарпатського прогносту (склала Мазур А.П. з використанням матеріалів Н.З. Величко, тектонічна основа О.О. Щерби)

водообміну з поверхнею. Переважають води хлоридно-натрієвого складу з $rNa^+/rCl^- < 0,87$, інколи і менше 0,7.

З метою визначення генезису води, що також впливає на режими водообміну, на карту нанесені ізолінії значень коефіцієнта rCl^-/rBr^- . Седиментогенні води характеризуються значенням $rCl^-/rBr^- < 300$, а інфільтрогенні > 300 . Ступінь мінералізації цих вод становить 100-300 г/дм³ і більше [2].

Як вже згадувалось вище, швидкість водообміну впливає також і на зміну величини коефіцієнта rCl^-/rBr^- . У свердловинах 5-Малогорожанська та 90 Більче-Волицька, значення його значно менше 150, що вказує на наявність седиментогенних метаморфізованих вод у зонах з дуже утрудненим водообміном. Далі, до центру Косівсько-Угерської підзони, значення даного коефіцієнта дещо зросли, проте не перевищили значення 300, винятком є декілька ділянок, де вони досягли максимального значення 1460 (свердловина 52-Більче-Волицька).

Отже, зважаючи на характер зміни вищезохарактеризованих показників були побудовані карти гідрогеологічних коефіцієнтів (rNa^+/rCl^- , rCl^-/rBr^-) та мінералізації вод. Зіставлення значень коефіцієнта rNa^+/rCl^- , мінералізації вод та коефіцієнта rCl^-/rBr^- дало змогу нам виділити зони дуже утрудненого (стагнаційного) та утрудненого режимів водообміну, до яких можливо приурочені скупчення вуглеводнів (рис. 5).

Аналіз карти гідрогеологічної зональності (рис. 5) дає підстави стверджувати, що Сторожинецька підзона Зовнішньої зони Передкарпатського прогину практично повністю приурочена до зони з активним водообміном. Води крейдових відкладів решти території досліджуваної зони характеризуються вповільненим рухом та слабким дренаванням. Можна також виділити і дві ділянки, яким притаманний дуже вповільнений водообмін – південно-західна ділянка Косівсько-Угерської підзони та південно-східна піднасувна ділянка досліджуваної зони.

Особливістю гідрогеологічних умов Зовнішньої зони Передкарпатського прогину є поширення тут декількох генетичних типів вод. Піднасувна частина зони вміщує солянки вичавлювання товщ Самбірсько-Рожнятівського покриву. Ці води характеризуються високими значеннями мінералізації (до 300 г/дм³) та повним спектром водорозчинених макро- і мікрокомпонентів. Генезис слабомінералізованих вод Зовнішньої зони пов'язаний з сучасною інфільтрацією з боку Східноєвропейської платформи [1].

Отримані наукові та практичні результати

Проаналізувавши комплекс гідрогеологічних критеріїв та охарактеризувавши гідрохімічні карти, можна зробити висновки щодо наявності перспективних ділянок з можливою нафтогазоносністю крейдових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину:

1. За гідрогеологічними критеріями перспективи нафтогазоносності крейдових відкладів пов'язані в основному з Косівсько-Угерською підзоною. Північно-західна її частина характеризується найсприятливішими умовами для накопичення та утримування вуглеводнів у пастках. У її межах поширена зона утрудненого водообміну, та виділяється ділянка з дуже утрудненим водообміном. Ділянки зі схожими характеристиками також виділяються у центральній та південно-східній частинах Зовнішньої зони.

2. Газоносність крейдових відкладів між Городоцьким та Калуським тектонічними порушеннями підтверджується аналізом води зі свердловин Малогорожанського, Більче-Волицького, Угерського, Летняського та ін. родовищ. Перспективність центральної ділянки Косівсько-Угерської підзони можна обґрунтувати, провівши аналогію зі зміною коефіцієнтів (rNa^+/rCl^- , $rSO_4^{2-} \cdot 100/rCl^-$, rCl^-/rBr^-) пластових вод відібраних на ділянках з уже виявленими покладами. Так між Тянявським та Слобідським тектонічними порушеннями можливі локальні скупчення газу, що у більшості приурочені до тектонічно-екранованих пасток.

3. Співставляючи гідрогеологічні карти зміни вмісту компонентів у водах, можна вважати, що найнесприятливішою підзоною з точки зору перспективності є Сторожинецька. Крейдові відклади у ній залягають на незначних глибинах і подекуди виходять на денну поверхню, зазначена ділянка характеризується активним режимом водообміну, високим вмістом сульфатів та низькою мінералізацією.

4. Піднасувна частина Зовнішньої зони Передкарпатського прогину характеризується переважно ділянками утрудненого водообміну в крейдових відкладах та зоною дуже утрудненого водообміну, до якої приурочене Лопушнянське родовище. Типи вод на даній ділянці хлоридно-кальцієвий і гідрокарбонатно-натрієвий, низький вміст іон-сульфату та низькі значення натрій-хлорного коефіцієнта вказують на сприятливу гідрохімічну та гідродинамічну обстановку для накопичення і утримування покладів нафти і газу в крейдових відкладах.

Висновки

Отже, виходячи з усього вищезазначеного, можна зробити висновки про перспективи локальної газоносності у крейдових відкладах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, зокрема в Косівсько-Угерській підзоні. Тому рекомендується проведення деталізаційних геолого-геофізичних досліджень для підтвердження існування покладів, зокрема в центральній частині зони поблизу Дашавського, Кадобнянського та Болохівського родовищ, а також у межах південно-східної ділянки зони в районі Стайківської та Петровецької площ.

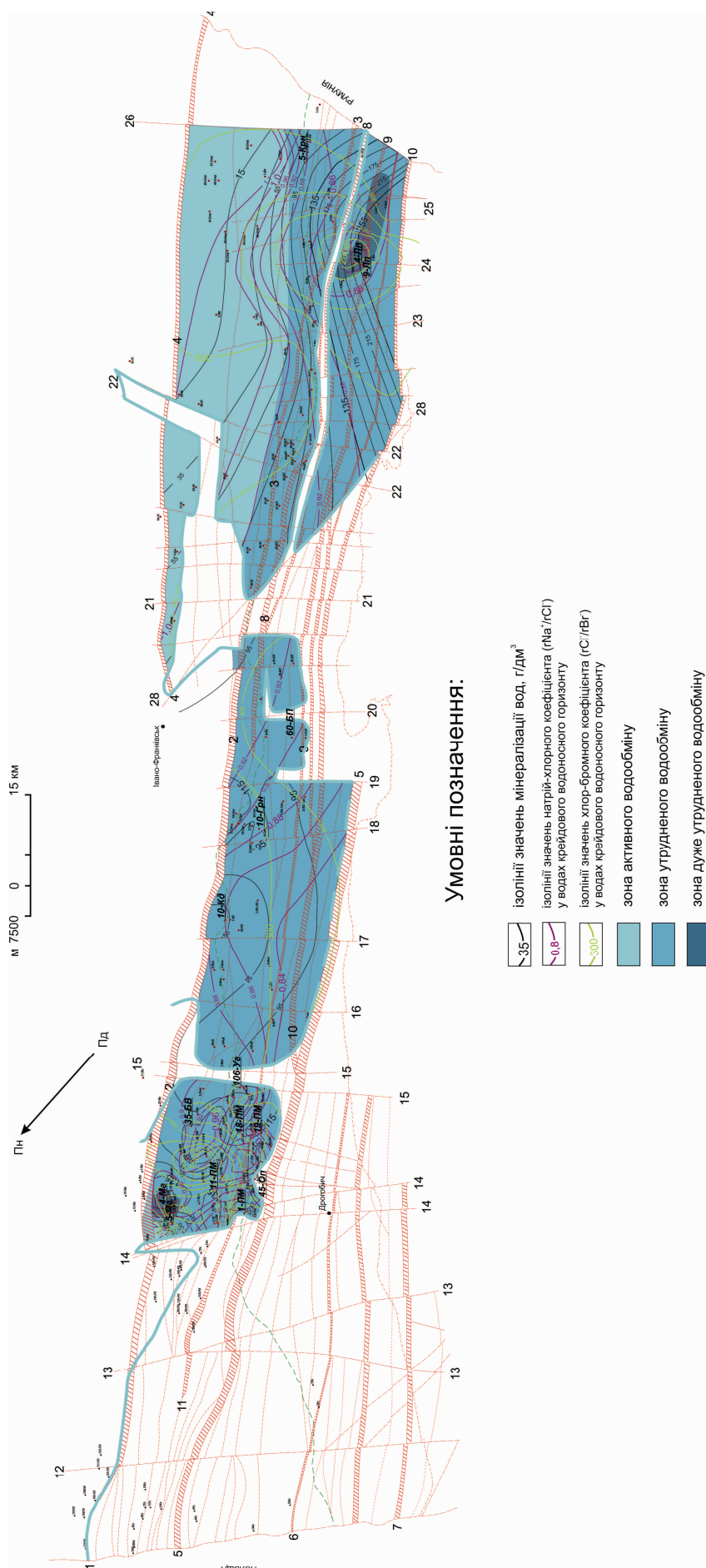


Рисунок 5 – Карта гідрогеологічної зональності водонапірних басейнів крейдових відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину (склала Мазур А. П. з використанням матеріалів Н.З. Величко, тектонічна основа О.О. Щерби)

Література

- 1 Колодій В.В. Палеогідрогеологічні реконструкції осадових товщ Зовнішньої зони Передкарпатського прогину у зв'язку з нафтогазоносністю / В.В. Колодій, Р.П. Паньків та ін. – ІГГК НАН України, Львів, 2010. – 285 с.
- 2 Филатов К.В. Основные закономерности формирования состава подземных вод и поисковые признаки нефтегазоносности / К.В. Филатов. – М.: Недра, 1976. – 304 с.
- 3 Суббота М.И. Интерпритация результатов гидрогеологических исследований при поисках нефти и газа / М.И. Суббота, В.Ф. Клейменов, Е.В. Стадник и др. – Коллектив авторов, 1990. – 195 с.
- 4 Маєвський Б.Й. Прогнозування пошуки та розвідка нафтових і газових родовищ: підручник для ВНЗ / Б.Й. Маєвський, О.Є. Лозинський, В.В. Гладун, П.М. Чепіль. – Київ: Наукова думка, 2004. – 446 с.
- 5 Колодій В.В. Нафтогазова гідрогеологія: підручник для ВНЗ / В.В. Колодій, І.В. Колодій, Б.Й. Маєвський. – Івано-Франківськ: Факел, 2009. – 184 с.
- 6 Сулин В.А. Гидрогеология нефтяных месторождений / В.А. Сулин. – М., 1948. – 240 с.
- 7 Кротова В.А. Гидрогеологические критерии нефтеносности / А.В. Кротов // Тр. ВНИГРИ. – 1960. – Вып. 147. – С.22-29.
- 8 Каретников Л.Г. Критерии нефтегазоносности / Л.Г. Каретников, Г.Ю. Валуконис // Наука и техника. – 1972. – 280 с.
- 9 Гавриленко Е.С. Гидрогеологические показатели нефтеносности / Е.С. Гавриленко. – К.: Наукова думка, 1965. – 189 с.
- 10 Мазур А.П. Гідрогеологічна характеристика вод крейдового періоду, як один з критеріїв нафтогазоносності / А.П. Мазур // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Вып. 1. – Том 32. – С.61-64.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
12.05.15*

*Рекомендована до друку
професором **Петровським О.П.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором **Євдощук М.І.**
(Інститут геологічних наук, м. Київ)*