

Роман ПАНЬКІВ, Галина МЕДВІДЬ, Олена ПАЛЬЧИКОВА

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

ГІДРОГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КЕМБРІЙСЬКОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСУ ЛЬВІВСЬКОГО ПАЛЕОЗОЙСЬКОГО ПРОГИНУ

Вивчено макро- та мікрокомпонентний хімічний склад пластових вод кембрійського водоносного комплексу Волино-Поділля. Проведено статистичний аналіз та виявлено кореляційні зв'язки між низкою їхніх компонентів, що дозволяє вважати їх парагенною асоціацією седиментогенної генези. Проаналізовано зміни основних генетичних показників з глибиною та по площі, встановлено гідрогеохімічні умови їхнього походження, а також обчислено коефіцієнти гідрогеологічної закритості надр регіону. Коефіцієнт зустрічання гідродинамічно сприятливих умов для існування покладів вуглеводнів за значеннями коефіцієнтів закритості структур у відкладах кембрійського водоносного горизонту становить 24 %.

Пластові води кембрійського комплексу належать до хлоридно-кальцієвого типу з високим ступенем метаморфізації. Їм властиві низька сульфатність та невисокий хлорбромний коефіцієнт. Це свідчить про те, що вони, імовірно, є дериватами давніх морських вод, зокрема і нафтогазоносних.

Ключові слова: кембрійський водоносний комплекс, ступінь метаморфізації, коефіцієнт сульфатності, хлорбромний коефіцієнт, коефіцієнт гідрогеологічної закритості.

Вступ. Регіональним нафтогазоносним комплексом західної околиці Східноєвропейської платформи, з яким пов'язана промислова нафтогазоносність Балтійської синеклізи, є кембрійський. Останнім часом він викликає зацікавлення і в межах південно-східної окраїни платформи – на території Львівського палеозойського прогину (ЛПП). Підставою стали численні нафтогазопрояви, а в районі м. Перемишляни було отримано значний приток природного газу. Описові історії розвитку та речовинному складові комплексу присвячено багато праць (Медведев, 1979; Геология..., 1980; Волино-Подольская перспективная..., 1985; Дригант, 2000; Крупський, 2001).

Кембрійські утворення без перерви залягають на відкладах венду та перекриваються відкладами ордовіку та силуру. Їхня товщина зростає зі сходу на захід і південний захід; у тому самому напрямку спостерігається фаціальне заміщення мілководних пісковиків відносно глибоководними піщано-глинистими породами.

Розріз кембрію складають теригенні породи, які за літологічними ознаками поділяються на дві серії: нижню – балтійську, суттєво глинисту (нижня

та середня частини нижнього кембрію), і верхню – бережківську, переважно піщанисту (верхня частина нижнього кембрію–верхній кембрій). Балтійська серія – це тонкошаруваті зеленувато-сірі аргіліти, алевроліти, рідше пісковики (стохідська світа). Нижня частина її розрізу вповнена глауконітовими кварц-польовошпатовими пісковиками рівненської світи з прошарками алевролітів та аргілітів. Товщина світ: рівненської – до 30 м, стохідської – до 260 м.

Відклади бережківської серії представлені потужними пачками пісковиків, які чергуються з менш потужними пачками глинисто-алевролітових порід. У межах серії виокремлюють домінопільську, любомльську, світязьку та гутинську світи. Товщина бережківських відкладів зростає в західному напрямку і змінюється від 50 до 700 м і, можливо, більше.

Зростання потужностей кембрійських відкладів зі сходу на захід супроводжується нарощуванням загальної глинистості розрізу при падінні коефіцієнта піскуватості з 0,6 до 0,3. За результатами лабораторних досліджень фізичних властивостей теригенних порід кембрійського комплексу міжзернова відкрита пористість пісковиків коливається від 0,2 до 27 %, деколи перевищуючи 6–8 %, алевролітів – від 0,32 до 1,4 %, аргілітів – від 0,67 до 1,13 %. У цілому переважають низькі значення пористості і проникності (Geological and physical-chemical..., 2012).

Дослідження є частиною робочого плану бюджетної теми Б ПІ-06/11 «Гідрогеоекологічні дослідження Львівського прогину у зв'язку з нафтогазонасінстю» колективу лабораторії проблем геоекології Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України. У роботі використано як власні аналітичні дані з інформаційного фонду лабораторії, зокрема В. В. Колодія, О. Д. Штогрин, В. М. Щепака, Л. К. Гуцала, С. І. Бали, М. І. Спринського, так і дані з фондів ДП «Західукргеологія» НАК «Надра України».

Об'єкт дослідження – кембрійський водоносний комплекс Львівського палеозойського прогину, зокрема 12 його площ: Балучинська, Берестецька, Бучацька, Великомоствівська, Володимирівська, Літовезька, Локачинська, Нововитківська, Нововолинська, Оваднівська, Перемишлянська, Тихотинська. Було відібрано 41 пробу пластових вод із 16 свердловин в інтервалі глибин 520–4162 м.

Мета дослідження – вивчення складу і структури хімічної матриці глибинної рідкої фази кембрійського водоносного комплексу та специфіки зміни властивих їй генетичних показників.

Методика роботи. Оцінка певних співвідношень хімічних компонентів води для висновків про походження пластових вод була проведена з опрацюванням статистичного матеріалу з допомогою комп'ютерної програми «Excel». Коефіцієнт гідрогеологічної закритості та бромний коефіцієнт обчислювали за методикою М. О. Гатальського та В. А. Кротової (Гатальский, 1954; Кротова, 1960).

Результати досліджень. Хімічний склад кембрійських пластових вод Львівського прогину наведено в табл. 1, результати статистичних досліджень – у табл. 2 і 3.

Реакція водного середовища (*pH*) водоносного комплексу коливається в межах 4,5–10,0 одиниць *pH*, середнє арифметичне значення ($n = 35$, де n – кількість визначень) – 6,0; медіана 6, мода 5. Отже, води кислі, слабо кислі і

локально – слабо лужні (у середньому – 8,6) (див. табл. 1). Окисно-відновний потенціал вод повинен мати від’ємні значення – (20 ÷ 100) мВ, про що свідчить досить висока концентрація амонію (69,0 мг/см³).

Усі проби з відкладів кембрію належать до вод хлоридно-кальцієвого типу хлоридного кальцій-натрієвого складу, зрідка хлоридного натрій-кальцієвого. Мінералізація кембрійських вод змінюється в широкому діапазоні від 5,9 до 220 г/дм³ (св. Великі Мости-30, гл. 4162,5 м), становлячи в середньому 86,3 г/дм³, медіана 85,19 (див. табл. 2). Дещо слабші за концентрацією води трапляються на площах Берестецькій, Бучацькій, Володимирівській, Літовезькій, Нововолинській, Оваднівській та Тихотинській (14,87–106,2 г/дм³), вищої від 110 і до 220 г/дм³ мінералізації досягають солянки на площах Бучацькій, Великомоствівській, Локачинській, Нововитківській, Перемишлянській (рис. 1).

Узагальнений макрокомпонентний склад можна подати у вигляді формули Курлова:

$$M_{86,3} \frac{Cl\ 99\ (SO_4\ 1)}{(Na + K)\ 58\ Ca\ 35\ (Mg\ 7)}\ pH\ 6,0.$$

Середній вміст десяти хімічних компонентів пластових вод можна представити (див. табл. 2) таким ранжированим рядом (мг/дм³): Cl (53226) > (Na + K) (19371) > Ca (11145) > Mg (1405) > Br (468) > SO₄ (299) > HCO₃ (267) > NH₄ (69) > J (6). Отже, чотири елементи: Хлор, (Натрій + Калій) і Кальцій, становлять у сумі 83,74 г/дм³. Натомість решта шість компонентів Mg, Br, HCO₃, SO₄, NH₄ і J складають у сумі 2,51 г/дм³, що в 33,4 раза менше від попередньої суми.

За значенням коефіцієнта варіації хімічні компоненти утворюють такий ранжирований ряд (%): (Na + K) (51) < Cl (56) < Ca (73) < J (75) < Mg (79) < Br (84) < NH₄ (91) < SO₄ (113) < HCO₃ (230).

На основі побудови й аналізу кореляційної матриці хімічних макро- і мікрокомпонентів у кембрійських підземних водах (див. табл. 3) виокремлено низку асоціацій компонентів, більш тісно пов’язаних між собою:

1. Мінералізація пов’язана з Хлором (+0,91), (Натрієм + Калієм) (+0,89), Кальцієм (+0,80), амонієм (+0,68), Магнієм (+0,68), Бромом (0,50).

2. Хлор – з (Натрієм + Калієм) (+0,95), мінералізацією (+0,91), Кальцієм (+0,92), амонієм (+0,68), Магнієм (+0,68), Бромом (+0,58).

3. Кальцій – з Хлором (+0,92), мінералізацією (+0,80), Бромом (+0,81), (Натрієм + Калієм) (+0,77), амонієм (+0,62).

4. Сума (Натрій + Калій) – з Хлором (+0,95), мінералізацією (+0,89), Кальцієм (+0,77), амонієм (+0,68), Магнієм (+0,67) і Бромом (+0,58).

5. Бром – з Кальцієм (+0,81), Хлором (+0,72), (Натрієм + Калієм) (+0,58), мінералізацією (+0,50).

Дещо слабше пов’язані між собою: амоній – з мінералізацією (+0,68), Хлором (+0,68), (Натрієм + Калієм) (+0,68), Кальцієм (+0,62); Магній – з мінералізацією (+0,68), Хлором (+0,68), (Натрієм + Калієм) (+0,67).

Зі збільшенням глибини спостерігається тенденція деякого зростання вмісту Кальцію (+0,57) і Броду (+0,56).

Отже, п’ять об’єктів кореляційної матриці – мінералізація, Хлор, Кальцій, (Натрій + Калій) та Бром, найміцніше пов’язані між собою.

Т а б л и ц я 1. Хімічний склад (мг/дм³) підземних вод силурійського водоносного комплексу Львівського палеозойського прогину

Площа	№ св.	Глибина Н, м	рН	Мінералізація М, г/дм ³	Катіони				Аніони			Мікроелементи	
					Na ⁺ + K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	J ⁻	Br ⁻
Балучинська	1	2 689	5	141,64	35 219,00	14 796,00	2 651,00	120,00	88 112,00	9,00	12,00	6,00	740,00
	1	2 752	5	36,46	9 992,00	3 459,00	177,00	30,00	21 631,00	861,00	37,00	2,50	183,80
	1	2 915	6,4	131,62	32 221,00	15 398,60	1 589,60	90,00	81 472,50	104,60	30,50	2,12	681,40
	1	3 035,5	6	174	38 589,00	21 970,00	3 464,00	200,00	108 862,00	14,00	—*	6,00	915,00
	1	3 110	6,5	5,869	1 439,27	543,17	118,58	8,00	3 061,90	547,70	119,00	1,27	25,00
Берестецька Бучацька	13	2 994,5	6,4	90,27	22 855,30	10 589,20	512,70	50,00	54 670,00	1 016,60	54,91	2,12	482,60
	1	1 438	7	32,744	8 316,76	3 131,05	506,58	160,00	19 304,21	651,40	543,07	—	130,93
	1	1 282,5	—	14	4 497,14	750,86	108,90	10,50	8 468,20	31,68	122,00	3,17	71,92
Великомостівська Володимирівська	1	1 329,5	—	69,66	23 004,37	2 910,19	588,01	150,00	42 341,00	13,18	366,00	16,92	273,06
	2	1 397	6,5	36,476	10 220,00	2 935,47	486,36	120,00	22 457,36	12,36	97,60	2,53	144,28
	1	2 020,5	5,1	103,95	25 098,29	14 353,78	—	65,00	63 995,20	12,36	61,00	8,46	356,97
	30	4 162,5	6	220,08	36 335,00	42 731,00	1 938,00	280,00	137 047,00	10,70	146,45	14,81	1 576,50
	1	2 043	5	92	19 524,74	14 228,40	608,00	17,64	56 168,60	592,56	427,00	—	—
Літовезька	1	2 111,5	6,8	37,85	8 734,28	4 568,32	663,51	11,00	22 907,70	450,18	305,09	—	209,75
	1	2 235	6	99,54	19 406,90	15 160,00	1 980,00	30,00	62 225,00	18,13	110,00	8,46	601,00
	1	2 910	5,5	14,17	3 357,45	1 876,77	84,81	10,00	8 592,53	92,70	73,20	0,80	85,50
	1	3 095,5	6	65,483	13 708,00	9 595,00	932,00	48,00	40 616,00	60,98	134,20	4,23	385,00
	1	3 275	6	39,83	8 663,24	5 566,31	535,77	25,00	24 501,14	230,44	91,53	—	216,43
Локачинська	10	1 617	5,5	79,53	19 667,76	6 848,59	2 597,27	21,00	49 644,00	175,74	213,50	4,23	354,04
	19	1 676,5	6	57,42	14 958,28	4 921,51	1 376,51	20,00	35 276,67	426,31	256,28	3,39	185,44
	27	1 827,5	5	85,19	21 020,00	9 018,00	2 188,80	—	52 424,00	52,70	3 953,00	6,34	283,20
Новотківська	27	2 065	5	119,323	20 250,00	20 060,00	3 040,00	14,00	75 122,00	45,26	427,10	6,85	34,74
	1	2 740	6,1	132,37	30 153,00	16 181,40	2 580,50	140,00	82 351,00	144,00	152,50	—	668,00
	3	2 821	5,4	41,413	11 956,00	3 698,00	134,00	30,00	25 189,00	116,00	122,00	1,00	167,00
	3	3 021	4,5	110,465	26 887,00	12 342,00	1 944,00	100,00	69 133,00	23,00	36,00	6,00	502,00
	3	3 035	5	155,946	35 636,20	19 190,00	2 895,30	120,00	97 250,50	90,88	36,60	—	—
	3	3 112	6,1	139,92	31 277,70	18 152,70	2 202,90	105,00	86 665,40	31,31	97,60	5,29	634,64

Продовження табл. 1

Площа	№ св.	Глибина H, м	pH	Мінералізація M, г/дм ³	Катіони				Аніони			Мікроелементи	
					Na ⁺ + K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	J ⁻	Br ⁻
Нововолинська	1	2 822	7	85,52	13 938,00	16 282,50	1 216,00	42,50	53 342,76	475,00	262,39	0,64	1 198,80
	1	2 824	6,9	94,36	16 327,09	17 635,20	972,80	44,00	58 813,81	280,00	329,51	2,28	1 332,00
	1	3 348	6,9	106,24	21 159,54	17 835,60	729,60	48,75	65 823,60	520,00	175,12	5,29	1 252,10
	1	3 355,5	7	83,42	16 796,44	13 827,60	547,20	38,75	51 291,12	712,50	244,10	12,70	1 065,60
	1	520	10	26,43	5 478,00	4 345,00	68,00	35,00	16 282,00	27,00	61,00	—	133,00
Оваднівська Перемішлянська	1	3 241	7,4	46	10 983,20	5 899,70	123,40	50,00	26 836,30	758,90	610,00	3,10	160,00
	1	3 276,5	5,5	126	28 467,80	16 668,25	1 728,20	70,00	78 188,50	2,00	152,50	6,00	641,00
	1	3 381	5	80,97	19 229,00	10 782,00	432,00	50,00	49 703,00	128,90	256,20	3,00	287,00
	1	3 492,5	6,2	154,68	32 618,00	18 931,00	2 098,00	200,00	90 055,00	—	4,60	8,00	678,00
	1	3 500	5,7	135,98	31 476,00	16 072,28	1 759,19	97,00	82 031,20	713,50	109,70	10,00	614,50
Тихотинська	3	975	—	33,8	9 174,00	2 645,00	778,00	10,00	20 924,00	96,00	122,00	2,96	125,60
	3	1 344	—	78,9	20 836,00	5 210,00	2 795,00	20,00	48 486,00	1 200,00	110,00	4,28	240,48
	3	1 470	—	70,2	17 211,50	5 210,00	2 917,00	40,00	43 470,00	960,00	98,00	8,45	245,82
	3	1 625	—	90,6	17 528,70	10 621,00	4 132,00	40,00	57 514,00	263,00	122,00	16,93	382,10

* Дані відсутні.

Таблиця 2. Кореляційна матриця макро- і мікроелементів у підземних водах силурійського водоносного комплексу Львівського палеозойського прогину

Показники	Глибина <i>H</i> , м	<i>pH</i>	Мінералізація <i>M</i> , г/дм ³	Катіони				Аніони			Мікроелементи		$\frac{rSO_4 \cdot 100}{rCl}$	$\frac{rNa}{rCl}$	Cl/Br
				Na ⁺ + K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	J ⁻	Br ⁻			
<i>H</i> , м	1,00														
<i>pH</i>	0,07	1,00													
<i>M</i>	-0,17	-0,60	1,00												
Na ⁺ + K ⁺	-0,09	-0,23	0,44	1,00											
Ca ²⁺	-0,10	-0,46	0,74	-0,26	1,00										
Mg ²⁺	-0,51	-0,31	0,66	0,02	0,53	1,00									
NH ₄ ⁺	0,52	-0,10	0,21	0,22	0,13	-0,34	1,00								
Cl ⁻	-0,19	-0,60	0,99	0,41	0,75	0,69	0,17	1,00							
SO ₄ ²⁻	0,08	0,002	0,04	0,06	0,00	-0,20	0,22	-0,08	1,00						
HCO ₃ ⁻	0,17	-0,01	0,05	-0,19	0,21	-0,15	0,24	0,00	0,65	1,00					
J ⁻	-0,10	-0,37	0,10	-0,02	0,05	0,44	0,21	0,12	-0,18	0,00	1,00				
Br ⁻	0,22	-0,39	0,70	0,82	0,11	0,28	0,36	0,69	-0,10	-0,40	0,10	1,00			
<i>rNa/rCl</i>	0,06	0,40	-0,47	0,55	-0,88	-0,58	0,05	-0,50	0,13	-0,15	-0,24	0,20	1,00		
Сульфатність	0,08	0,14	-0,10	-0,08	-0,04	-0,21	0,21	-0,21	0,98	0,44	-0,22	-0,35	0,12	1,00	
Cl/Br	-0,21	-0,37	0,54	-0,45	0,92	0,49	-0,08	0,56	-0,12	0,38	0,03	-0,38	-0,84	-0,20	1,00

Т а б л и ц я 3. Статистичний аналіз макро- і мікроелементів у підземних водах силурійського водоносного комплексу Львівського палеозойського прогину

Статистика	Глибина H, м	pH	Мінералізація M, г/дм ³	Катіони				Аніони			Мікроелементи	
				Na ⁺ + K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	I ⁻	Br ⁻
Кількість	24	23	24	24	22	22	22	24	22	24	16	21
Мінімум	700	3,9	10,7	2 353,36	1 636,6	20,31	0	6 382,9	21,8	30,51	0,84	58,75
Середнє	1501	6,10	74,89	16 568,31	8 745,54	2 210,07	41,73	45 989,39	1 118,18	385,21	4,54	239,56
Максимум	2667	10	133,35	27 588	37 355,96	4 253,55	260	86 121,35	10 122,9	2196	16,93	578,48
Статистичне відхилення	408,43	1,17	29,50	7 461,01	8 859,47	1 122,85	55,32	18 846,11	2 149,52	624,63	3,77	129,49
Дисперсія	166 814,6	1,38	870,43	55 666 640	78 490 269,2	1 260 783,63	3 060,60	355 175 895	4 620 418,3	390 159,77	14,22	16 768,67
Медіана	1410,75	6	77,91	19 077,15	5765,17	2 174,1	25	47 231,715	332,331	122,01	4,2	225,78
Мода	1391	6	н. в. *	н. в.	4539,3	2 833,4	25	54 978,5	21,8	103,7	4,2	280,6
Експес	2,957	4,996	0,465	-0,950	5,667	-0,485	12,093	0,526	16,092	3,994	8,210	0,989
Асиметрія	1,287	1,363	-0,285	-0,597	2,441	0,080	3,250	-0,081	3,811	2,278	2,611	0,988
Коефіцієнт варіації, %	27,22	19,27	39,39	45,03	101,30	50,81	132,58	40,98	192,23	162,15	83,08	54,05

* Не визначали.

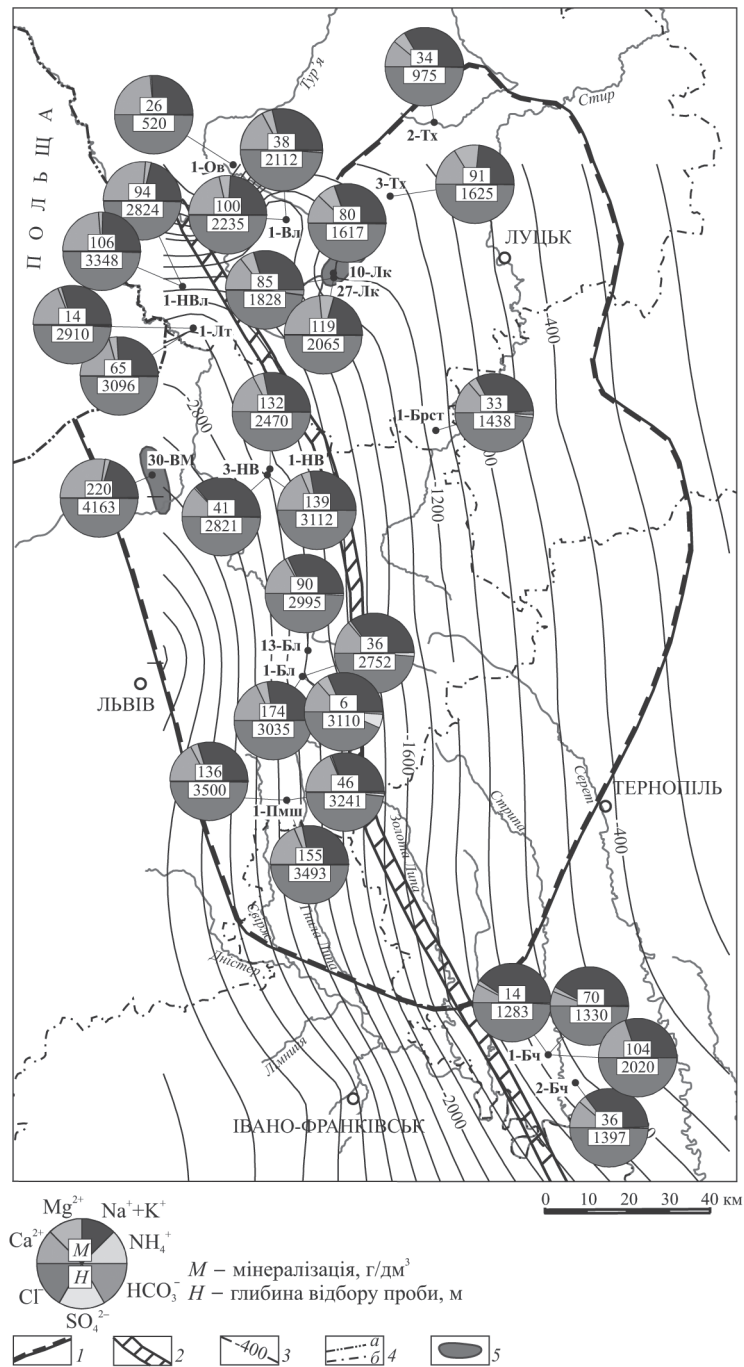


Рис. 1. Картохема хімічного складу і мінералізації вод кембрійського водоносного комплексу Львівського палеозойського прогину:

1 – межа Львівського палеозойського прогину; 2 – зона Нововолинського і Радеків–Рогатинсько-Монастирського розломів (зона Тейссейре–Торнквіста); 3 – ізолінії поверхні кембрійських відкладів; 4 – межі: а – України, б – областей; 5 – газові родовища. Назви площ: Бл – Балучинська, Брст – Берестецька, Бч – Буцацька, ВМ – Великомоствська, Вл – Володимирівська, Гх – Горохівська, Лт – Літовезька, Лк – Локачинська, НВ – Нововитківська, НВл – Нововолинська, Ов – Оваднівська, Пмш – Перемишлянська, Тх – Тихотинська

Коефіцієнт rNa/rCl відображає відношення у водах хлоридів лугів і лужноземельних металів. У кембрійських водах (табл. 4, $n = 41$) він змінюється від 0,39 до 0,84, середнє – 0,59. Це свідчить про рівномірний і високий ступінь метаморфізації вод. Більшість числових значень коефіцієнта згрупована у вузькому інтервалі (0,40–0,72), властивому седиментогенним водам, що перебувають у гідродинамічній стагнації за абсолютної, дуже тривалої ізоляції від земної поверхні. Найбільш метаморфізованими є води Великомоствської, Літовезької, Локачинської, Нововитківської та Нововолинської площ.

Генетичний хлорбромний коефіцієнт у водах кембрійського комплексу набуває значень від 42,6 до 2162,4 (табл. 4, $n = 39$). Причому із 39 проб більшість (38 проб, тобто 97,4 %) мають значення, які значно нижчі від властивого морським водам (300) і коливаються в межах 42,6–201,6 (у середньому 128). Оскільки величина менше ніж 50 є однією з нафтопошукових ознак (Прогнозування..., 2004), то, із наведених вище даних, такі ознаки притаманні водам зі св. Нововолинська-1 із глибин 2822, 2824, 3355 м. Аномально високе значення коефіцієнта 2162,4 зумовлене низьким вмістом Брому, проба відібрана з контакту кембрію і протерозою.

Вміст сульфатів у кембрійських водах хлоридно-кальцієвого типу наведено в табл. 1, 2: він низький і становить у середньому 299,3 (2–1200) мг/дм³. Відповідно, коефіцієнт сульфатності також невисокий (за винятком проби зі св. Балучинська-1, гл. 3110 м, про що вже йшлося вище) і становить у середньому 0,57 (0,01–2,94) (рис. 2). Більшість українських дослідників вважають такі води глибоко метаморфізованими, а низьку сульфатність – надійним показником нафтогазоносності (Карцев, 1972).

Бром поширений у земній корі в розсіяному стані. У підземних кембрійських водах його середній вміст становить 478,5 мг/дм³, коливаючись у широких межах 25–1576,5 мг/дм³, медіана – 354,0; коефіцієнт варіації – 83,71 % (див. табл. 1, 2, $n = 39$). Вміст Брому слабо корелюється (+0,56) з глибиною залягання водоносного горизонту. Крім того, його вміст корелюється із вмістом Кальцію, Хлору, мінералізацією.

Амоній у водах має органічне походження, його джерелом є розсіяна органічна речовина порід. У приконтурних водах нафтових покладів на його утворення також впливають азотовмісні компоненти нафти.

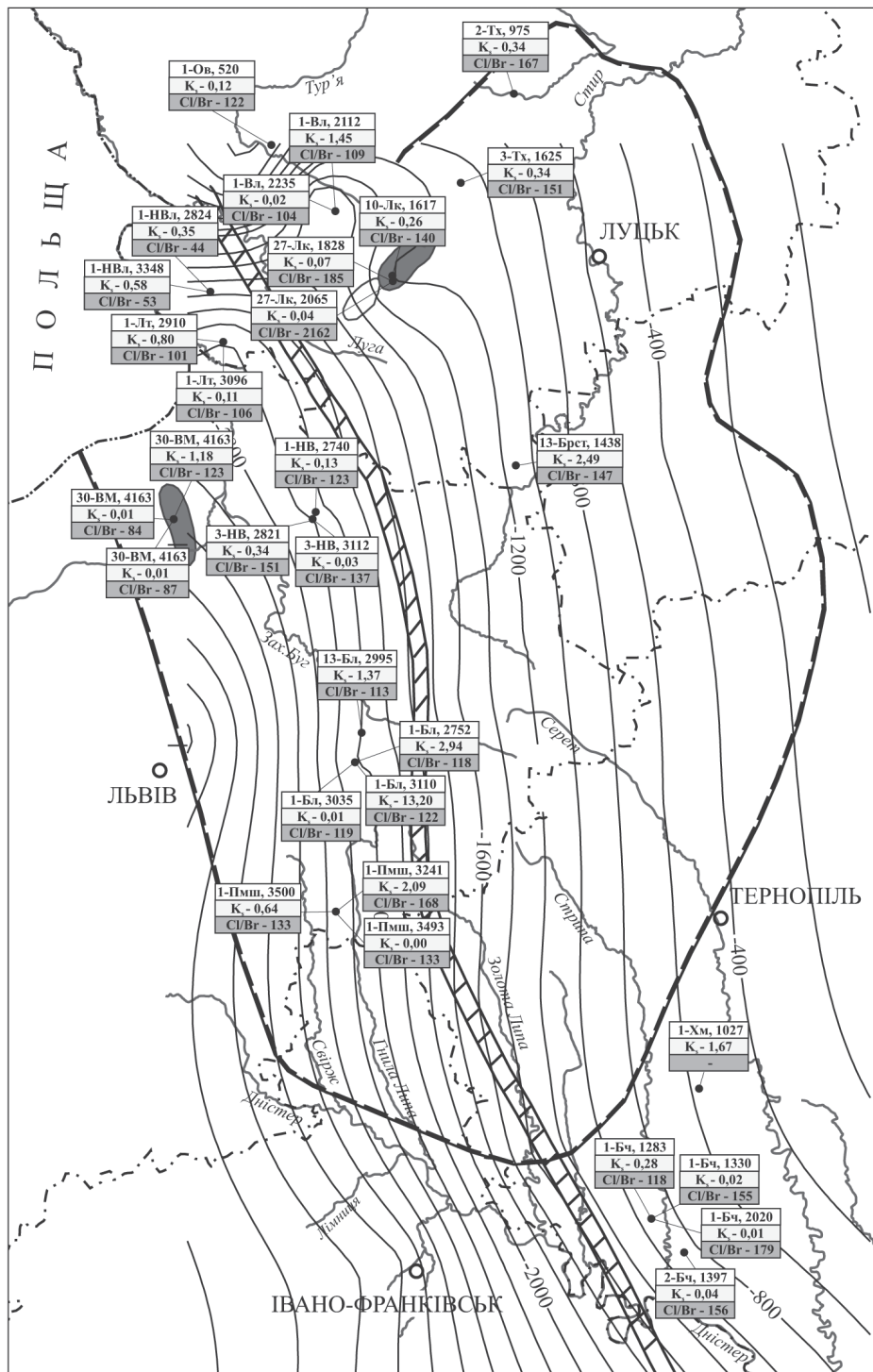
У вивчених кембрійських пластових водах ЛПП середній вміст амонію становить 69,0 (8–280) мг/дм³. Більша частина проб містить небагато амонію (≤ 97 мг/дм³), і тільки в 11 пробах його вміст коливається в межах 100–280 мг/дм³, що властиво нафтогазоносним відкладам. Підвищені концентрації характерні для Балучинської, Берестецької, Бучацької, Великомоствської, Нововитківської і Перемишлянської площ.

Йод є характерним біогенним компонентом вод вуглеводневих родовищ, проте прямого зв'язку між його вмістом і наявністю покладів не встановлено. У кембрійських водах ЛПП він присутній у більшості проб – коефіцієнт зустрічання 87 % (див. табл. 1, 2, $n = 34$). Середній вміст невисокий – 5,8 (0,64–16,93) мг/дм³, медіана – 4,79. Коефіцієнт варіації – 75,23 %. Його максимальний вміст виявлений у водах Бучацької, Великомоствської, Нововолинської, Перемишлянської та Тихотинської площ.

Т а б л и ц я 4. Співвідношення компонентів у підземних водах кембрійського водоносного комплексу Львівського палеозойського прогину

Площа	№ св.	Глибина <i>H</i> , м	<i>r</i> Na/ <i>r</i> Cl	$\frac{rSO_4 \cdot 100}{rCl}$	Cl/Br
Балучинська	1	2 689	0,62	0,01	119,07
	1	2 752	0,71	2,94	117,69
	1	2 915	0,61	0,09	119,57
	1	3 035,5	0,55	0,01	118,97
	1	3 110	0,72	13,2	122,48
	13	2 994,5	0,64	1,37	113,28
	Берестецька	1	1 438	0,66	2,49
Бучацька	1	1 282,5	0,82	0,28	117,74
	1	1 329,5	0,84	0,02	155,06
	2	1 397	0,70	0,04	155,65
	1	2 020,5	0,60	0,01	179,27
Великомостівська	30	4 162,5	0,41	0,01	86,93
Володимирівська	1	2 043	0,54	0,78	—*
	1	2 111,5	0,59	1,45	109,21
	1	2 235	0,48	0,02	103,54
Літовезька	1	2 910	0,60	0,8	100,5
	1	3 095,5	0,52	0,11	105,5
	1	3 275	0,55	0,69	113,21
Локачинська	10	1 617	0,61	0,26	140,22
	19	1 676,5	0,65	0,89	190,23
	27	1 827,5	0,62	0,07	185,11
	27	2 065	0,42	0,04	2 162,41
Нововитківська	1	2 740	0,56	0,13	123,28
	3	2 821	0,73	0,34	150,83
	3	3 021	0,60	0,02	137,72
	3	3 035	0,57	0,07	—
	3	3 112	0,56	0,03	136,56
Нововолинська	1	2 822	0,40	0,66	42,6
	1	2 824	0,43	0,35	44,15
	1	3 348	0,50	0,58	52,57
	1	3 355,5	0,50	1,03	48,13
Оваднівська	1	520	0,52	0,12	122,42
Перемишлянська	1	3 241	0,63	2,09	167,73
	1	3 276,5	0,56	0,002	121,98
	1	3 381	0,60	0,19	173,18
	1	3 492,5	0,56	—	132,82
	1	3 500	0,59	0,64	133,49
Тихотинська	3	975	0,68	0,34	166,59
	3	1 344	0,66	1,83	201,62
	3	1 470	0,61	1,63	176,84
	3	1 625	0,47	0,34	150,52

* Дані відсутні.



1-Вл. 1842	— номер свердловини, глибина відбору проби води, м
К - 0,35	— коефіцієнт сульфатності
Cl/Br - 134	— хлорбромний коефіцієнт

0 10 20 30 40 км

Рис. 2. Картошка значень хлорбромного коефіцієнта та коефіцієнта сульфатності вод кембрійського водоносного комплексу. Решту умовних позначень див. рис. 1

М. О. Гатальський, досліджуючи води Східноєвропейської платформи, увів поняття про коефіцієнт закритості структури, яке в числових величинах, шляхом поділу величини значень мінералізації води горизонту (M , мг/дм³) на глибину його залягання (H , м), характеризує ступінь закритості структур (Гатальський, 1954). За його розрахунками, величина коефіцієнта в межах 1–50 відповідає зоні значного водообміну, 50–100 – утрудненого, 100–300 – застійного режиму. Такий аналіз дає можливість зіставляти ступінь гідрогеологічної закритості як окремих структур, так і цілих районів. Із глибиною коефіцієнт закритості, зазвичай, збільшується. Але буває і навпаки, коли складна тектонічна ситуація зумовлює вертикальний дренаж глибокостанурених водоносних горизонтів. Розраховані нами коефіцієнти закритості структур для кембрійського водоносного горизонту ЛПП змінюються від 2 до 59, причому тільки в 10 із 41 випадку його значення перетинає межу 50 (табл. 5, рис. 3). Тобто, коефіцієнт зустрічання гідродинамічно сприятливих умов для існування покладів вуглеводнів у відкладах кембрійського водоносного горизонту невисокий – усього 24 %, і їх слід очікувати на Балучинській, Буцацькій, Великомоствівській, Локачинській, Нововитківській, Оваднівській та Тихотинській площах.

В. А. Кротова (1960) запропонувала інший числовий метод вираження коефіцієнта закритості структур, який розраховується шляхом поділу величини вмісту у водах Бромю (Bg , мг/дм³) на глибину залягання водоносного горизонту (H , м). Зона сповільненого водообміну характеризується величинами, більшими ніж 0,2. Для досліджуваних підземних вод кембрійських відкладів ЛПП бромний показник набуває величин від 0,01 до 0,47 (див. табл. 5).

Обидва коефіцієнти, запропоновані різними дослідниками, перебувають у тісному взаємозв'язку. Приклад розрахунків для кембрійського водоносного комплексу площ ЛПП вказує на це досить чітко (рис. 4).

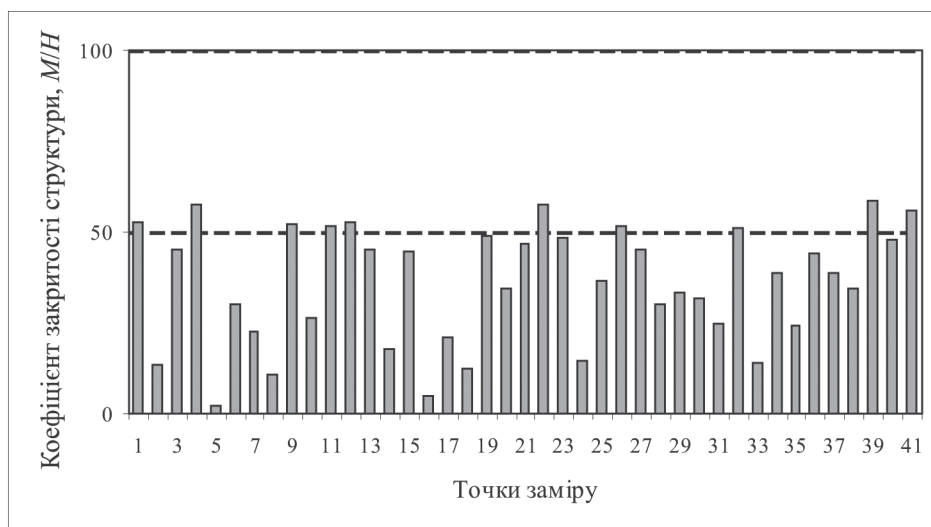


Рис. 3. Розподіл коефіцієнта закритості структур, за М. О. Гатальським (Гатальський, 1954)

Т а б л и ц я 5. Коефіцієнти закритості структур

Площа	№ св.	Глибина <i>H</i> , м	<i>M</i> , мг/дм ³	<i>B_г</i> , мг/дм ³	<i>M/H</i>	<i>B_г/H</i>
Балучинська	1	2 689	141 640	740,00	53	0,28
	1	2 752	36 460	183,80	13	0,07
	1	2 915	131 620	681,40	45	0,23
	1	3 035,5	174 000	915,00	57	0,30
	1	3 110	5 869	25,00	2	0,01
	13	2 994,5	90 270	482,60	30	0,16
Берестецька	1	1 438	32 744	130,93	23	0,09
Бучацька	1	1 282,5	14 000	71,92	11	0,06
	1	1 329,5	69 660	273,06	52	0,21
Великомостівська	2	1 397	36 476	144,28	26	0,10
	1	2 020,5	103 950	356,97	51	0,18
	30	4 162,5	220 080	1 576,50	53	0,38
	1	2 043	92 000	—*	45	0,00
Володимирівська	1	2 111,5	37 850	209,75	18	0,10
	1	2 235	99 540	601,00	45	0,27
	1	2 910	14 170	85,50	5	0,03
Літовезька	1	3 095,5	65 483	385,00	21	0,12
	1	3 275	39 830	216,43	12	0,07
Локачинська	10	1 617	79 530	354,04	49	0,22
	19	1 676,5	57 420	185,44	34	0,11
	27	1 827,5	85 190	283,20	47	0,15
	27	2 065	119 323	34,74	58	0,02
Нововитківська	1	2 740	132 370	668,00	48	0,24
	3	2 821	41 413	167,00	15	0,06
	3	3 021	110 465	502,00	37	0,17
	3	3 035	155 946	—	51	0,00
	3	3 112	139 920	634,64	45	0,20
Нововолинська	1	2 822	85 520	1 198,80	30	0,42
	1	2 824	94 360	1 332,00	33	0,47
	1	3 348	106 240	1 252,10	32	0,37
	1	3 355,5	83 420	1 065,60	25	0,32
Оваднівська	1	520	26 430	133,00	51	0,26
Перемишлянська	1	3 241	46 000	160,00	14	0,05
	1	3 276,5	126 000	641,00	38	0,20
	1	3 381	80 970	287,00	24	0,08
	1	3 492,5	154 680	678,00	44	0,19
	1	3 500	135 980	614,50	39	0,18
Тихотинська	3	975	33 800	125,60	35	0,13
	3	1 344	78 900	240,48	59	0,18
	3	1 470	70 200	245,82	48	0,17
	3	1 625	90 600	382,10	56	0,24

* Дані відсутні.

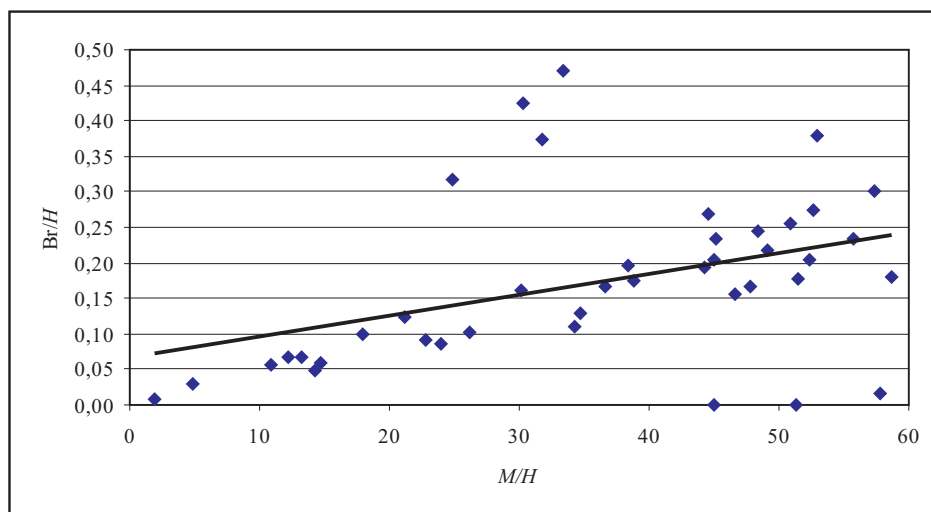


Рис. 4. Взаємозв'язок коефіцієнтів закритості структур, за методиками М. О. Гатальського (Гатальский, 1954) та В. А. Кротової (1960)

Одним із показників, що свідчать про значну роль динаміки підземних вод у міграції флюїдів і формуванні покладів вуглеводнів, є гідрохімічні аномалії (Кротова, 1957). Серед них дослідники виокремлюють два типи:

1) локальні аномалії, пов'язані з вилуговуванням товщ на місці їхнього залягання;

2) аномалії, спричинені висхідним переміщенням вод із глибинних горизонтів, тобто шляхом вертикальної міграції.

Аномалії першого типу характеризуються водами високої мінералізації хлоридно-натрієвого складу, співвідношення rNa/rCl становить 0,86–0,98; а вміст Брому порівняно невисокий – 200–300 мг/дм³. Для глибинних аномалій характерна не тільки висока мінералізація, але й суттєво виражений хлоридно-кальцієвий склад, значний ступінь метаморфізації (0,7–0,5 і вищий), низький вміст сульфатів, а також високий вміст Брому (до 1000–1500 мг/дм³) за низького хлорбромного коефіцієнта. До цього типу аномалій можна віднести кембрійські води з Великомоствівської та Нововолинської площ.

Висновки. Усі пластові води кембрійського водоносного комплексу належать до хлоридно-кальцієвого типу вод із хлоридним натрій-кальцієвим, зрідка хлоридним кальцій-натрієвим складом і мають високий ступінь метаморфізації. Вони є переважно кислими і слабкокислими, зрідка слабколужними. Значення коефіцієнтів варіації трьох основних компонентів пластових вод (Натрій + Калій, мінералізація, Хлор) близькі і знаходяться у вузькому інтервалі 51–56 %, у дещо ширших межах змінюється коефіцієнт варіації для Кальцію, Йоду, Магнію та Брому – 73–84 %. Виокремлені ряди асоціацій за аналізом кореляційної матриці та статистичний аналіз хімічних макро- і мікрокомпонентів у кембрійських підземних водах дозволяють вважати їх парагенною асоціацією седиментогенного походження.

Основна маса проаналізованих вод характеризується хлорбромним коефіцієнтом, значення якого коливаються в межах 43–202, і вони, імовірно, є

дериватами давніх морських вод, зокрема і нафтогазоносних. Низька сульфатність пластових вод кембрійських відкладів також є показником сприятливих хімічних умов збереження покладів нафти і газу.

Коефіцієнт зустрічання гідродинамічно сприятливих умов для існування покладів вуглеводнів за значеннями коефіцієнтів закритості структур у відкладах кембрійського водоносного горизонту невисокий – усього 24 %. Таким чином, аналіз гідрохімічних умов за представленими пробами кембрійського водоносного горизонту Львівського прогину дає підстави вважати перспективними (за сприятливих структурно-тектонічних та петрофізичних умов) Балучинську, Великомоствівську, Локачинську, Нововитківську, Нововолинську та Оваднівську площі.

Волыно-Подольская перспективная нефтегазоносная провинция / Г. Н. Доленко, Б. П. Ризун, Е. И. Чиж и др. // Нефтегазоносные провинции Украины. – Киев : Наук. думка, 1985. – Гл. 4. – С. 62–82.

Гатальский М. А. Подземные воды и газы палеозоя северной половины Русской платформы. – Л. : Гостоптехиздат, 1954. – 173 с.

Геология и нефтегазоносность Волыно-Подольской плиты / Г. Н. Доленко, Б. П. Ризун, Ю. Н. Сеньковский и др. – Киев : Наук. думка, 1980. – 106 с.

Дригант Д. М. Нижній і середній палеозой Волино-Подільської країни Східно-Європейської платформи та Передкарпатського прогину // Наук. зап. ДПМ НАН України. – 2000. – Вип. 15. – С. 24–129.

Карцев А. А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений / изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Недра, 1972. – 280 с.

Кротова В. А. Роль гидрогеологических факторов в образовании, сохранении и разрушении нефтяных залежей // Тр. ВНИГРИ. – Л. : Гостоптехиздат, 1957. – Вып. 103. – 128 с.

Кротова В. А. Гидрогеологические критерии нефтеносности. – М. : Гостоптехиздат, 1960. – 161 с.

Крупський Ю. З. Геодинамічні умови формування і нафтогазоносність Карпатського та Волино-Подільського регіонів України. – К. : УкрДГРІ, 2001. – 144 с.

Медведев А. П. Природа доальпийской структуры Волыно-Подольи и смежных районов. – Киев : Наук. думка, 1979. – 78 с.

Прогнозування, пошуки та розвідка нафтових і газових родовищ : підруч. для студентів нафтогаз. спец. вищ. закл. освіти / Б. Й. Маєвський, О. Є. Лозинський, В. В. Гладун, П. М. Чепіль. – К. : Наук. думка, 2004. – 446 с.

Geological and physical-chemical characteristics of Lower Paleozoic deposits of Volyno-Podillya, Western Ukraine / I. Kurovets, D. Drygant, I. Naumko et al. // Biuletyn PIG. – 2012. – N 449. – S. 119–130.

Стаття надійшла
10.06.14

Roman PANKIV, Halyna MEDVID, Olena PALCHYKOVA

**HYDROGEOCHEMICAL FEATURES
OF THE CAMBRIAN AQUIFER COMPLEX
OF THE LVIV PALEOZOIC FOREDEEP**

Macro- and microcomponent chemical composition of reservoir waters of the Cambrian aquifer complex of the Volyn-Podillya are studied. Changes of basic genetic parameters of the ground water with the depth and in the space are analyzed, hydrogeochemical conditions of their origin are found and the coefficients of the hydrogeological closing of bowels are calculated.

Formation waters of the Cambrian complex belong to the chloride-calcium type with high degree of metamorphism. They are characterized by low sulfurity and chlorine-bromine factor. Coefficients of variation of the three main components of the formation waters (Sodium + Potassium, salinity, Chlorine) are close and located in the narrow range of 51–56 %, coefficients of variation for Calcium, Iodine, Magnesium and Bromine are in a somewhat broader limits – 73–84 %. Analysis of the correlation matrix of chemical macro- and microcomponents of the Cambrian groundwater indicates the strongest link between salinity, Chloride, Calcium, the sum of Sodium and Potassium and Bromine. Allocated number of associations and statistical analysis of chemical constituents in the studied waters allows us to classify them as paragenetic association of the sedimentary origin.

Coefficient of closing of structures for Cambrian aquifer of the Lviv Foredeep varies from 2 to 59, and only 10 of the 41 cases of this indicator crosses the limit of 50. Namely the coefficient of finding of the hydrodynamic favourable conditions for the existence of the deposit of the hydrocarbons according to the coefficient of closing of structures of the Cambrian aquifer is 24 %.