

УДК 551.49+552.52+541.123:550.41

Святослав КУШНІР, Марія КОСТЬ, Ігор ДУДОК, Роман ПАНЬКІВ

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

БАРООСМОТИЧНИЙ АНАЛІЗ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ХІДНОВИЦЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА (УКРАЇНСЬКЕ ПЕРЕДКАРПАТТЯ)

На основі бароосмотичного аналізу гідрогеологічних умов Хідновицького газового родовища піднасувного типу виявлено пластові води різного походження: метаморфізовані морські низької і високої (до 62 г/л) мінералізації, глибинні розсоли, конденсаційні і близькі до них за складом води бароосмотичних потоків. Більш концентровані води трапляються у верхній частині нижньодашавської підсвіти (до НД-5), натомість маломінералізовані – на всіх горизонтах, але концентруються переважно в НД-4, 5 та НД-7. При цьому розсоли з $M > 100$ г/л присутні тільки в горизонтах НД-1–3. У водах верхньодашавської підсвіти (ВД-10–13) мінералізація змінюється в межах 28,8–61,9 (середнє – 43,8 г/л), маломінералізована (1,76 г/л) вода – у горизонті ВД-9. Результати розрахунків бароосмотичних характеристик пластових вод по горизонтах засвідчили, що гідрогеологічні умови в одному і тому самому горизонті на різних ділянках величезної за розмірами Хідновицької площі можуть сильно відрізнятися, і пов'язано це, насамперед, з різною проникністю порід. Виявлено постійний глибинний бароосмотичний потік молекул H_2O (з домішкою NaCl) догори розрізом, який надав більшості пластових вод характерний тільки для цього родовища хлоридно-натрієвий склад та значну поширеність маломінералізованих вод в усіх горизонтах. Вплив геологічно тривалого бароосмосу на північно-західному блоці Хідновицької структури виявився значно сильнішим, аніж на південно-східному, де проникність відкладів набагато більша і важливу роль могла відігравати проста фільтрація. Існування на Хідновицькому газовому родовищі постійного бароосмотичного потоку молекул H_2O із глибинних структур дозволяє припускати можливість і постійного потоку газів із надр Крукеницької западини через сильно розігріті розуцільнені ділянки глинистих порід як своєрідний прояв газового осмосу.

Ключові слова: Хідновицьке газове родовище, бароосмотичні процеси, маломінералізовані води, температура пластових вод.

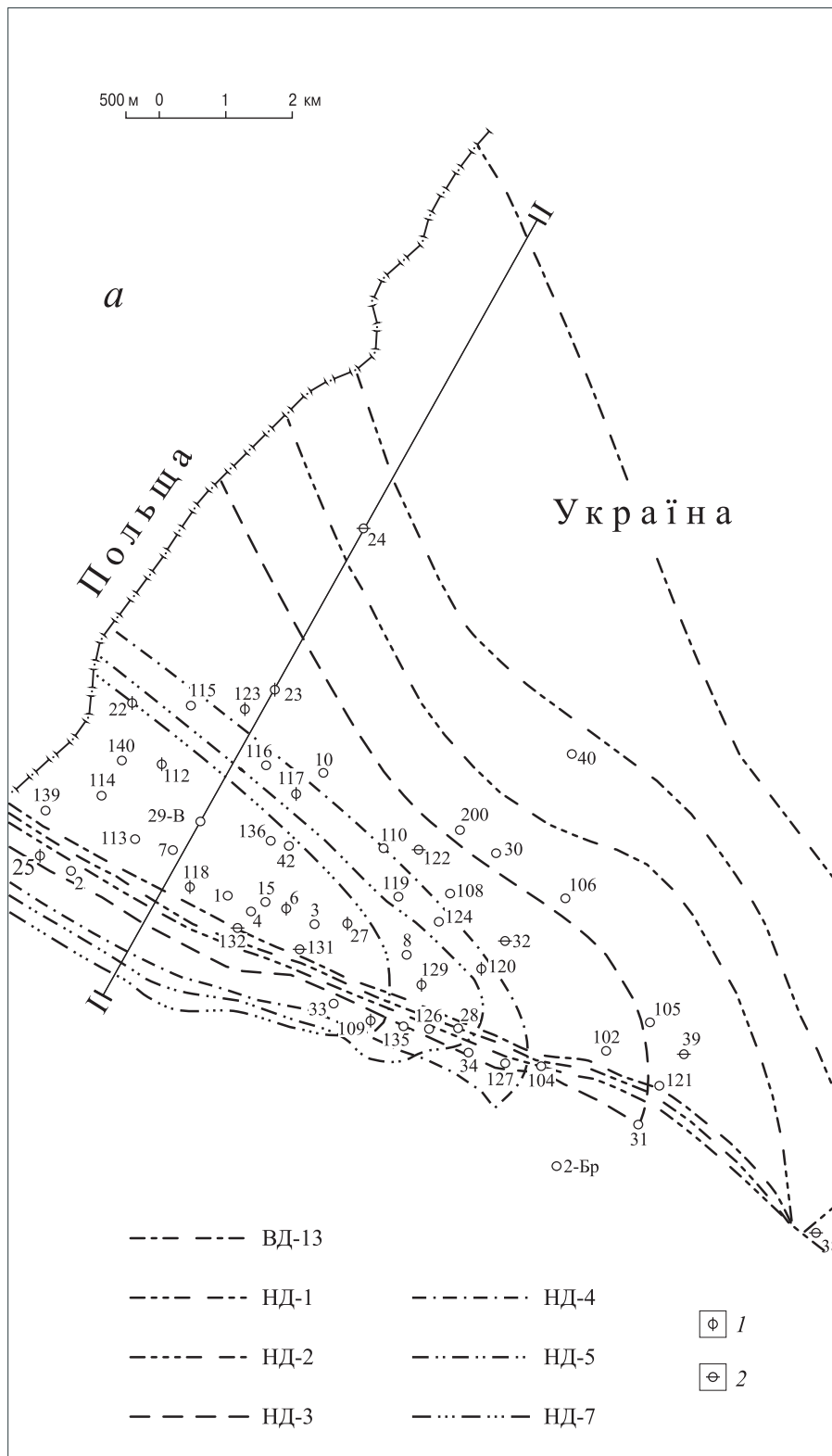
Хідновицьке родовище належить до найбільших на Передкарпатті (Щерба і ін., 1987; Павлюх, 2009; Атлас..., 1998; Карпатська..., 2004). Відкрите воно ще 1935 р., але необхідні геологорозвідувальні роботи та підрахунки запасів на ньому були проведені лише в 1963–1966 рр. На поверхні родо-

вище займає площу приблизно 100 км² і складається із 7 покладів газу, розташованих у піщано-алевритових прошарках глинистих відкладів нижнього сармату (горизонти дашавської світи ВД-13, НД-1–5, 7) на Хідновицькому піднятті перед фронтом Стебницького насуву (Крукеницька ділянка Зовнішньої зони Передкарпатського прогину). При експлуатації родовища виявилось, що його видобувні запаси з часом постійно збільшуються (1966 р. – 16,1; 1984 р. – 16,3; 1994 р. – 17,0; а 2004 р. – 19,2 млрд м³). Геологи пов'язують це здебільшого з дренаванням усе менш проникних низькопористих колекторів. 1993 р. загальний видобуток становив уже 91,7 % від запасів (Атлас..., 1998). Сьогодні на родовищі щорічно добувають приблизно 100 млн м³ газу.

Пластові води родовища в основному належать до контурних, частина з них є внутрішньопластовими (водоносні прошарки в товщі газових колекторів). Під час досліджень зібрано 72 аналізи вод, за якими можна достатньо точно схарактеризувати гідрогеологічні умови. Виявилось, що води родовища мають розмаїті мінералізацію та хімічний склад і вирізняються серед вод інших газових родовищ Передкарпаття максимальною поширеністю вод хлоридного типу. Щоб з'ясувати причини цього, автори (Геохімічні..., 2005) використали статистичний аналіз, а для найпоширеніших хлоридних вод додатково і факторний аналіз. Це дало можливість у водах родовища виділити 4 основні групи: хлоридно-натрієві – 51,7 %; хлоридні кальцієво-натрієві – 12,1 %; хлоридні магнієво-кальцієво-натрієві – 5,2 %; гідрокарбонатно-хлоридні натрієві – 20,7 %. Решта (10,5 %) належить до змішаних “екзотичних” вод. Проте особливих закономірностей у формуванні різних вод так і не виявили. Зазначено лише, що у водах інших газових родовищ Передкарпаття переважає кальцієво-натрієвий тип, а зафіксована гідрохімічна інверсія в сарматських відкладах, як і на інших родовищах, пояснюється палеогідрохімічним чинником – підвищенням солоності вод сарматського моря наприкінці формування осадів нижньодашавської підсвіти.

У роботі (Кушнір і ін., 2010) показано, що при дослідженні гідрогеологічних умов на газових родовищах можна використовувати і новий метод – бароосмотичного аналізу, який дає можливість виявляти досить швидкі бароосмотичні потоки молекул Н₂О в товщі глинистих порід та визначати відхилення пластових вод від стану бароосмотичної рівноваги, коли такі переміщення припиняються. З допомогою цього методу встановлено, що в газових покладах Шереметівського родовища виникла особлива ситуація “бароосмотичної квазірівноваги”, коли внаслідок гідравлічної закритості покладів і високої швидкості бароосмосу в заповнених газом колекторах осмотичний напір $P_{o.n}$ у пластових водах вирівнюється, хоч самі води далекі від стану бароосмотичної рівноваги (БО-рівноваги).

Ми описуємо результати застосування цього методу на Хідновицькому газовому родовищі, яке перебуває в особливих піднасувних геологічних умовах. На рис. 1 показано схему будови родовища, а в табл. 1 наведено перераховані нами дані про хімічний склад пластових вод та обчислені за методикою (Кушнір, 2009) їхні бароосмотичні характеристики: осмотичний тиск ($P_{осм}$), осмотичний напір ($P_{o.n}$) і відхилення від стану бароосмотичної рівноваги (α). Розподіл $P_{o.n}$ окремо по свердловинах та горизонтах показано на рис. 2, 3.



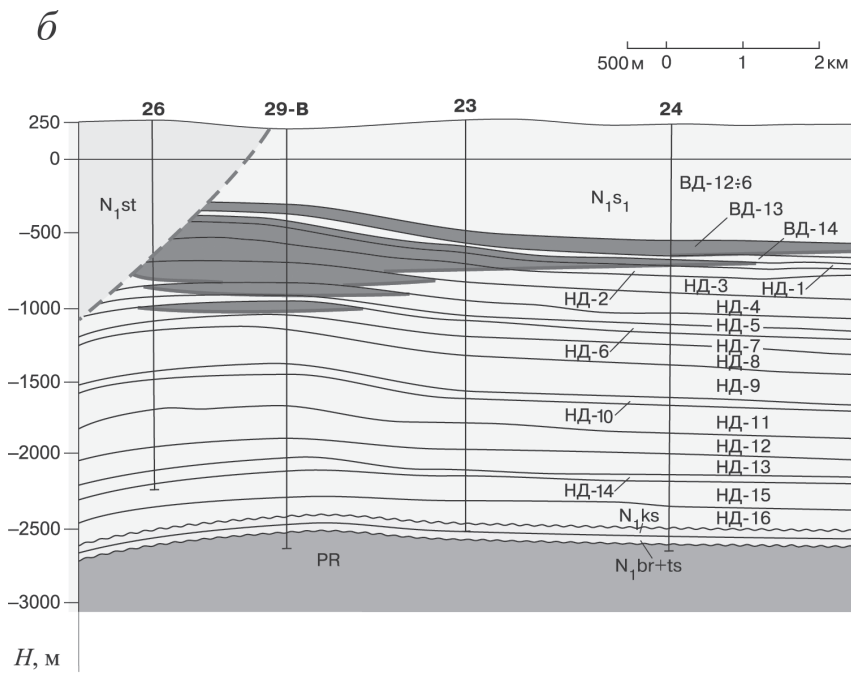


Рис. 1. Схема будови Хідновицького газового родовища (Атлас..., 1998):
 а – контури газових покладів та локалізація свердловин: 1 – переважають води з $M < 10$ г/л;
 2 – переважають води з $M > 35$ г/л; б – поперечний розріз по лінії І-І.

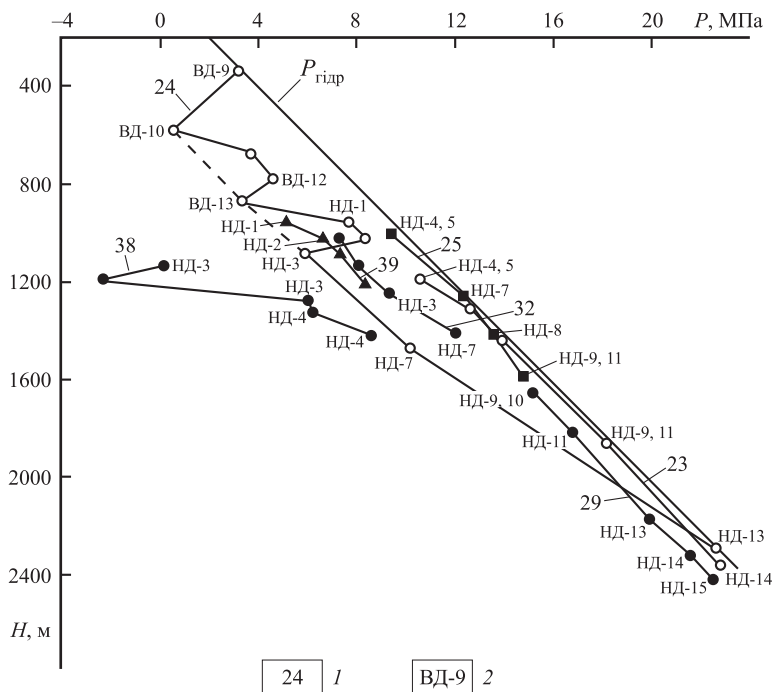


Рис. 2. Зміна бароосмотичного напору води по свердловинах:
 1 – номер свердловини; 2 – горизонт.

Таблиця 1. Хімічний склад та бароосмотичні характеристики пластових вод Хідновицького газового родовища

Свердловина	Горизонт	Глибина відбору, м	М, г/л	Формула складу	rNa/rCl	Cl/Br	J, мг/л	P _{гдр} МПа	P _{осм} МПа	P _{о.вр} МПа	α, %
По свердловинах											
23	НД-4, 5	1194	4,80	Cl170 HCO ₃ 18 SO ₄ 12/Na89 NH ₄ 6 Mg3 Ca2	1,31	1252	4,2	11,94	0,38	11,56	97
	НД-5, 6	1300	3,40	Cl169 HCO ₃ 23 SO ₄ 8/Na83 NH ₄ 14 Ca2 Mg1	1,31	313	3,0	13,00	0,22	12,78	98
	НД-7	1429	3,60	Cl180 HCO ₃ 15 SO ₄ 5/Na93 NH ₄ 4 Ca3	1,20	319	4,3	14,29	0,29	14,00	98
	НД-9, 11	1856	3,01	Cl174 HCO ₃ 19 SO ₄ 3/Na98 Ca2	1,40	—	—	18,56	0,24	18,32	99
	НД-14	2367	8,70	Cl190 HCO ₃ 10/Na98 Ca1 Mg1	1,10	182	13,7	23,67	0,69	22,98	97
24	ВД-9	336	1,76	Cl140 HCO ₃ 53 SO ₄ 7/Na97 Mg2 Ca1	2,74	—	—	3,36	0,14	3,22	96
	ВД-10	571	61,87	Cl196 HCO ₃ 4/Na95 NH ₄ 3 Mg1	0,99	836	6,3	5,71	5,20	0,51	9
	ВД-11, 12	678	38,80	Cl199 HCO ₃ 1/Na92 Ca3Mg3 NH ₄ 1	0,93	255	48,2	6,78	3,02	3,76	56
	ВД-12	770	39,80	Cl199 HCO ₃ 1/Na96 Mg2 Ca2	0,91	249	50,1	7,70	3,10	4,60	60
	ВД-13	860	62,40	Cl1100/Na95 Ca3 Mg2	0,90	385	46,6	8,60	5,25	3,35	39
	НД-1	950	23,20	Cl198 HCO ₃ 1/Na92 Ca3 Mg3 NH ₄ 2	0,94	164	10,6	9,50	1,73	7,77	82
	НД-2	1013	23,20	Cl198 HCO ₃ 2/Na91 Ca4 Mg3 NH ₄ 2	0,96	172	6,3	10,13	1,73	8,40	83
	НД-3	1082	58,50	Cl1100/Na80 Ca16 Mg4	0,80	282	5,1	10,82	4,92	5,90	55
	НД-7	1460	50,70	Cl198 SO ₄ 2/Na82 Ca15 Mg3	0,84	262	3,4	14,60	4,27	10,33	71
	НД-13	2287	2,10	Cl162 SO ₄ 20 HCO ₃ 18/Na77 Mg14 Ca9	1,28	263	0,2	22,87	0,17	22,7	99
25	НД-4, 5	1006	6,20	Cl191 HCO ₃ 6 SO ₄ 3/Na88 Ca7 Mg3 NH ₄ 1	0,97	167	8,0	10,06	0,49	9,57	95
	НД-7	1259	5,20	Cl193 SO ₄ 6/Na76 Ca24	1,00	605	0,5	12,59	0,41	12,18	97
	НД-8	1320	5,80	Cl192 HCO ₃ 6 SO ₄ 2/Na95 Ca5	1,12	130	6,6	13,20	0,46	12,74	97
	НД-9, 11	1591	14,70	Cl195 HCO ₃ 5/Na89 Ca9 Mg2	0,93	239	9,5	15,91	1,10	14,81	93

Продовження табл. 1

Свердловина	Горизонт	Глибина відбору, м	M, г/л	Формула складу	rNa/rCl	Cl/Br	J, мг/л	P _{гир} МПа	P _{осп} МПа	P _{о.гир} МПа	α, %
По свердловинах											
29	НД-9, 10	1650	15,70	Cl87 HCO ₃ 11 SO ₄ 2/Na97 Ca2 Mg1	1,11	180	21,6	16,50	1,17	15,33	93
	НД-11	1810	15,30	Cl85 HCO ₃ 29 SO ₄ 7/Na97Ca2 Mg1	1,14	423	20,1	18,10	1,14	16,96	94
	НД-13	2160	21,00	Cl88 HCO ₃ 9 SO ₄ 3/Na96 Ca2 Mg2	1,11	485	28,9	21,60	1,57	20,03	93
	НД-14	2310	15,50	Cl81 HCO ₃ 15 SO ₄ 4/Na97 Ca2 Mg1	1,16	134	30,9	23,10	1,16	21,94	95
	НД-15	2412	17,48	Cl87 HCO ₃ 10 SO ₄ 2/Na98 Ca1 Mg1	1,13	172	25,4	24,12	1,31	22,81	95
32	НД-3	1018	37,70	Cl99 HCO ₃ 1/Na84 Ca8 Mg6 NH ₄ 1	0,85	292	47,4	10,18	2,93	7,25	71
	НД-4	1126	41,80	Cl98 HCO ₃ 1/Na82 Ca10 Mg7 NH ₄ 1	0,84	314	45,1	11,26	3,25	8,01	71
	НД-5	1244	39,40	Cl98 HCO ₃ 2/Na85 Ca8 Mg6 NH ₄ 1	0,86	274	85,8	12,44	3,06	9,38	75
	НД-7	1405	27,00	Cl92 HCO ₃ 7 SO ₄ 1/Na98 Ca1 Mg1	1,07	332	14,0	14,05	2,02	12,03	86
	НД-3	1127	111,30	Cl99 HCO ₃ 1/Na74 Ca15Mg10	0,75	319	23,3	11,27	11,25	0,02	0,2
38	НД-3	1190	149,94	Cl100/Na71 Ca22 Mg7	0,71	224	12,7	11,90	15,15	-3,25	-27
	НД-3	1265	66,12	Cl99 HCO ₃ 1/Na71 Mg10	0,75	261	38,9	12,65	5,56	7,09	56
	НД-4	1310	70,20	Cl98 HCO ₃ 2/Na74 Ca15 Mg11	0,74	264	42,0	13,10	5,91	7,19	55
	НД-4	1425	67,80	Cl98 HCO ₃ 1/Na75 Ca14 Mg10 NH ₄ 1	0,76	259	40,6	14,25	5,70	8,55	60
	НД-1	952	52,13	Cl99 SO ₄ 1/Na95 Ca3 Mg2	0,88	233	44,9	9,52	4,39	5,13	54
39	НД-2	1020	45,10	Cl98 SO ₄ 2/Na86 Ca7 Mg6	0,87	242	46,6	10,20	3,51	6,69	66
	НД-3	1070	45,56	Cl99 SO ₄ 1/Na86 Ca8 Mg6	0,86	265	31,7	10,70	3,54	7,16	67
	НД-4	1200	47,23	Cl99 SO ₄ 1/Na85 Ca8 Mg7	0,86	285	31,3	12,00	3,67	8,33	69

Продовження табл. 1

Свердловина	Горизонт	Глибина відбору, м	M, г/л	Формула складу	rNa/rCl	Cl/Br	J, мг/л	P _{цпр} МПа	P _{осп} МПа	P _{о.пр} МПа	α, %
По горизонтах											
40		980	33,90	Cl100/Na90 Ca6Mg4	0,91	180	38,0	9,80	2,53	7,27	74
121	НД-1	904	39,90	Cl100/Na92 Ca4 Mg3	0,92	253	32,0	9,04	3,10	5,94	66
122		914	72,80	Cl100 /Na88 Ca7 Mg5	0,87	207	61,0	9,14	6,12	3,02	33
123		877	4,50	Cl92 HCO ₃ /Na93 Ca3 Mg3 NH ₄ 1	1,01	202	2,0	8,77	0,36	8,41	96
30		1050	33,60	Cl99/Na89 Ca6 Mg5 NH ₄ 1	0,90	275	38,1	10,50	2,51	7,99	76
31		972	26,80	Cl98 SO ₄ /Na87 Ca7 Mg5 NH ₄ 1	0,89	226	10,6	9,72	2,00	7,72	79
36	НД-3	960	30,80	Cl98 HCO ₃ 1 SO ₄ 1/Na84 Ca8 Mg7 NH ₄ 2	0,86	270	35,5	9,60	2,30	7,30	76
117		962	7,00	Cl93 HCO ₃ 6 SO ₄ 1/Na92 Ca5 Mg2	0,99	195	6,0	9,62	0,56	9,06	94
120		928	2,40	Cl96 HCO ₃ 3 SO ₄ 1/Na70 NH ₄ 15 Ca7 Mg7	0,74	118	2,0	9,28	0,19	9,09	98
132		1005	102,7	Cl100 /Na75 Ca14 Mg10	0,76	166	76,0	10,05	10,38	-0,33	-3
36		1136	35,44	Cl97 HCO ₃ /Na86 Ca7 Mg7	0,89	242	36,4	11,36	2,76	8,60	76
112		1100	6,60	Cl96 HCO ₃ 4 /Na90 Mg5 Ca3 NH ₄ 2	0,94	128	5,0	11,00	0,52	10,48	95
118	НД-5	1170	9,90	Cl99 HCO ₃ 1 /Na84 Mg8 Ca6 NH ₄ 2	0,85	195	13,0	11,70	0,79	10,01	93
131		1102	73,60	Cl100/Na80 Ca10 Mg9	0,80	173	58,0	11,02	6,19	4,83	44
33		1264	30,20	Cl96 HCO ₃ 4 /Na82 Ca10 Mg8 NH ₄ 1	0,86	250	9,3	12,64	2,26	10,38	82
27		1225	1,64	Cl83 HCO ₃ 11 SO ₄ 6/Na84 Ca15 Mg1	1,01	253	1,5	12,25	0,13	12,12	99
27	НД-7	1372	3,12	Cl62 HCO ₃ 33 SO ₄ 2/Na91 NH ₄ 4 Ca4 Mg1	1,04	-	-	13,72	0,25	13,47	97
22		1420	1,53	Cl33 SO ₄ 44 HCO ₃ 24/Na99 Ca1	3,18	-	-	14,20	0,12	14,08	99

Примітки: 1. Розрахунки проведено за матеріалами фондів ДП “Західургеологія” та Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України.
2. “-” – дані відсутні.

три різні групи, мінералізація яких послідовно зменшується згори донизу: верхню (до ВД-14; 35–140 г/л), середню (НД-1 – НД-7; 15–45 г/л) та нижню (НД-8–17; 5–35 г/л), на Хідновицькому родовищі не витримується через повсюдну поширеність маломінералізованих вод. Перевірка розподілу свердловин із маломінералізованими водами на площі родовища показала, що всі вони розміщені в північно-західній, присклепінній зоні Хідновицького підняття. Проте найбільш концентровані води трапляються на опущеному південно-східному крилі структури та в піднасувній зоні. Відомо (Щерба і ін., 1987), що відклади нижнього сармату на площі Хідновичі за піщанистістю та проникністю діляться (приблизно по лінії свердловин 30–129) на дві ділянки: північно-західну (піскуватість – до 15 %, проникність – приблизно $1 \cdot 10^{-3}$ мкм²) та південно-східну (піскуватість – 50–70 %, проникність – до 1,5 мкм²). Отже, маломінералізовані води зосереджені на ділянці малопроникних, а концентровані – високопроникних відкладів, де відносна роль бароосмотичного переносу і фільтрації мусить бути різною не тільки для вод, але й для газів. Тепер ці дві ділянки вважають окремими тектонічними блоками, оскільки на глибині вони розділені тектонічним порушенням.

Крім мінералізації, на швидкість бароосмосу сильно впливають пластові тиски і температури. Точних даних про тиски на Хідновицькому родовищі в матеріалах розвідувального буріння мало, проте всі вони підтверджують, що пластові тиски тут завжди близькі до умовних гідростатичних, а тому пластові води родовища мають слабкий гідравлічний зв'язок із поверхневими водами регіону. Є всі підстави припускати, що це відбувається в зоні Меженецького повздовжнього розлому, який проходить на віддалі приблизно 2 км. Даних про температуру вод значно більше (рис. 4). Як бачимо, на Хідновицькій площі прогрітість надр висока, але критична для

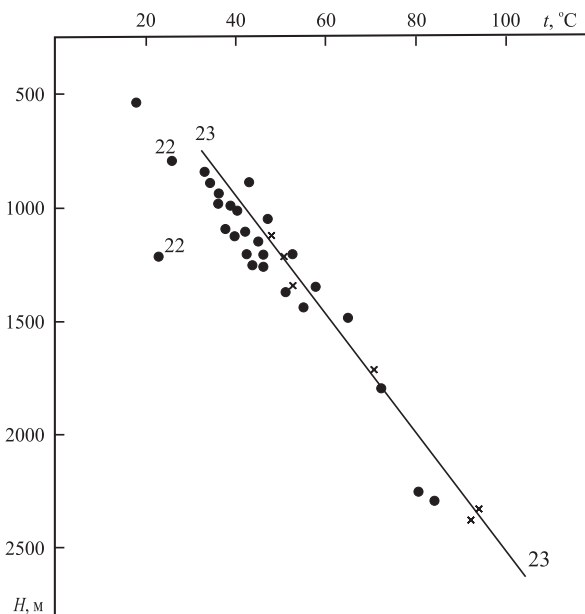


Рис. 4. Температури пластових вод Хідновицького газового родовища. Прямая лінія проведена за даними для св. 23.

бароосмосу¹ температура 70 °С досягається лише на глибинах понад 1700 м, тобто значно нижче від газових покладів. Відповідно до рис. 4, для обчислення осмотичного тиску у водах родовища прийнята середня температура 40 °С.

Із табл. 1 і рис. 2 видно, що характер змін $P_{o.n}$ у водах різних свердловин дуже різноманітний; але залишається незмінним головний напрям цих змін – збільшення $P_{o.n}$ з глибиною за хаотичної, як правило, мінливості мінералізації. У зв'язку з цим нахил лінії в координатах $P_{o.n} - H$ може мати значну гідрохімічну інформативність. І справді, із головної формули бароосмосу $P_{o.n} = P_{гiдp} - P_{ocm}$ видно, що за незмінної концентрації пластової води (тобто й незмінного значення P_{ocm}) осмотичний напір у ній буде збільшуватися пропорційно $P_{гiдp}$, тобто, лінія змін $P_{o.n}$ мусить бути паралельною з лінією умовного гідростатичного тиску $P_{гiдp}$. Тому при збільшенні концентрації води з глибиною лінія $P_{o.n}$ мусить віддалятися, а при зменшенні – наближатися до лінії $P_{гiдp}$. Максимальна швидкість бароосмотичного концентрування, очевидно, може привести до вирівнювання $P_{o.n}$ на суміжних глибинах, тобто перетворить лінію $P_{o.n}$ у вертикаль. Коли $P_{o.n}$ у нижчому горизонті виявиться меншим, ніж у верхньому, то завжди відбувається змішування пластової води з чужими водами високої мінералізації (або повна зміна води).

Для полегшення аналізу розподіл величин $P_{o.n}$ з глибиною по свердловинах і основних горизонтах представлено окремо на рис. 2, 3. Сам аналіз почнемо зі св. 24 – єдиної, що дала пластові води майже по цілому розрізу і пройшла через два газові поклади – ВД-13 та НД-1 (див. рис. 1, а). Із рис. 2 видно, що лінія $P_{o.n} = f(H)$ для цієї свердловини виявилася зубчатою і має лише два різко виражені зубці в області горизонтів ВД-12 та НД-2, розташовані біля газових покладів. Якщо не враховувати ці зубці і провести лінію $P_{o.n}$ повз них по точках НД-3, ВД-13 і ВД-10 (пунктир), одержимо плавну лінію, точки якої з глибиною поступово наближаються до лінії $P_{гiдp}$, отже, фіксують гідрохімічний розріз, води якого згори донизу зменшують послідовно свою мінералізацію. При цьому ступінь відхилення цих вод від стану БО-рівноваги змінюється від 99 % (НД-13) до 9 % (ВД-10). Отже, ця модифікована крива відображає якусь давню закриту зверху систему, у якій довго існував спрямований догори постійний бароосмотичний потік молекул H_2O , що й привів верхи цієї системи до стану, близького до БО-рівноваги. Тому згадані вище “зубці”, на нашу думку, фіксують уже вторинні процеси, пов'язані з утворенням газових покладів. Є всі підстави вважати, що таким вторинним процесом було вторгнення у відповідні горизонти разом з газами значної кількості прісних конденсаційних вод.

Отже, води з горизонтів ВД-10 і ВД-12 можна вважати реліктовими, які збереглися в розрізі через низьку проникність навколишніх порід північно-західного блоку Хідновицького підняття. Проте води із розміщеного на 235 м вище горизонту ВД-9 за своїми характеристиками можуть бути поверхневими. Очевидно, що з утворенням газових покладів бароосмос по розрізу не міг припинитися; він мусив навіть прискоритися. Саме цим, мабуть, і можна

¹За значення температури 70 °С бароосмос у глинах припиняється і головну роль в переносі води починає відігравати термобарична дифузія (Кушнір, 2009; Смирнов, 1976) або ультрафільтрація (Гольдберг, Скворцов, 1986).

пояснити сильне вимивання із горизонту НД-13 морського NaCl і появу в ньому значної кількості інших іонів унаслідок розчинення карбонатного матеріалу і руйнування йонно-адсорбційних комплексів глини у маломінералізованих водах (Гольдберг, Скворцов, 1986).

Свердловина 38 розташована в піднасувній ділянці південно-східного блоку Хідновицької структури і проходить лише через один газовий поклад (НД-1) (див. рис. 1, а), який є значно вище від точок відбору води. Характерною особливістю вод цієї свердловини є присутність посередині горизонту НД-3 розсолу (150 г/л) хлоридного натрієво-кальцієвого складу з негативним значенням $P_{o.n}$ (-3,25 МПа), що образно можна схарактеризувати як “глибокий вакуум” для молекул H_2O . Тому й не дивно, що вертикальний профіль цієї свердловини вказує на сильне бароосмотичне поглинання води із сусідніх горизонтів, особливо з НД-4. Подібний розсол виявлено в горизонті НД-3 і св. 132 (див. табл. 1), яка також розташована в піднасувній зоні поблизу повздовжнього тектонічного порушення – скиду з амплітудою понад 68 м (Щерба і ін., 1987). Це дає право припускати, що такі розсоли проникли в Хідновицьку структуру саме тим порушенням на останньому етапі формування газового родовища; раніше ним проходили потужні потоки газу, які й сформували характерний висотний розподіл газових покладів (див. рис. 1, б).

Щодо інших свердловин (див. рис. 2), то в них, як і у св. 38, гази не могли впливати на будову гідрогеологічних розрізів. Отже, у них чіткіше повинна окреслюватися залежність від бароосмотичного процесу. Із табл. 1 видно, що у св. 32 і 39 $P_{o.n}$ зростає згори донизу за майже незмінної мінералізації; це вказує на можливість фільтрації і змішування вод. Проте у св. 23 і 25 майже весь розріз заповнений маломінералізованими водами ($M < 10$ г/л) при дуже великому відхиленні їх від стану БО-рівноваги, яке знизу догори дещо зменшується. Це підтверджує існування сильного БО-потoku догори розрізами на всій території північно-західного блоку. При гідродинамічній закритості структури це повинно було привести до появи в газових покладах надгідростатичних тисків, але в нашому випадку збільшення об'ємів пластових вод у верхніх горизонтах легко компенсується їхнім витісненням у бік Меженецького розлому. Таку можливість підтверджують дані для св. 24, де горизонти з водами пониженої мінералізації (хлоридного натрієвого типу) ВД-11, 12 та НД-1, 2 показували високі дебїти (відповідно 17,2 та 22,3 м³/добу). Води св. 29 з мінералізацією 15–20 г/л відрізняються від усіх інших високим вмістом HCO_3^- за $rCa/rMg > 2$. Такий склад міг виникнути при метаморфізації вод нижньосарматського моря у вапнистих глинах у слабкокислих умовах, які нечасто виникали в бароосмотичних потоках ($pH - 6$, а іноді й менше).

Результати розрахунків бароосмотичних характеристик пластових вод по горизонтах (див. табл. 1) виявилися такими ж різноманітними, як і по свердловинах. Це засвідчує, що гідрогеологічні умови в одному і тому самому горизонті на різних ділянках величезної за розмірами Хідновицької площі можуть сильно відрізнятися, і пов'язано це, насамперед, з різною проникністю порід. Із рис. 3 видно, що поле фігуративних точок для кожного горизонту розтягнуте як по висоті (різне положення горизонту), так і по горизонталі. Найменше розсіювання точок характерне для горизонту НД-7,

найбільше – для НД-3. Основне поле точок НД-3 розташоване прямо під полем НД-1. Отже, бароосмотичні напори цих вод дуже близькі, і це може бути ще одним доказом того, що ці горизонти мають явний газодинамічний зв'язок і разом з НД-2 утворюють єдиний газовий поклад. Подібного зв'язку між горизонтами НД-5 і НД-7 не видно.

При недалекому розміщенні свердловин з одним і тим самим водоносним горизонтом за різних значень $P_{o.n}$ між ними можуть виникати латеральні БО-потоки. Щоб з'ясувати наскільки це реально, ми склали із наявних даних поперечний і повздовжній гідрогеологічні розрізи і одержали такі результати (табл. 3).

Як видно, у розрізі А представлені тільки маломінералізовані води, що характерно для північно-західного блоку. Але і тут уже з низів св. 23 формується помітний БО-потік догори схилом підняття у бік дещо мінералізованіших вод, що приводить до послідовного зменшення коефіцієнта α . Хімічний склад вод і їхні коефіцієнти метаморфізації rNa/rCl змінюються в досить широких границях. Води св. 23 за характеристиками подібні до поверхневих, хоч не мають до них ніякого відношення.

Розріз Б перетинає обидва блоки Хідновицького підняття і підкреслює високу мінералізацію південно-східного блоку. У цьому випадку з глибиною зменшуються як $P_{o.n}$ так і α ; це свідчить про можливість БО-потоку донизу схилом підняття, у бік концентрованіших вод. Отже, латеральні БО-потоки на родовищі також існують, але основною тут є не глибина (змінюється не суттєво), а концентрація вод, коли на бароосмос може накластися спрямований у той самий бік звичайний капілярний осмос.

Проведений аналіз показує, що основною причиною великого розмаїття пластових вод Хідновицького газового родовища є їхня полігенність. Тут трапляються метаморфізовані морські води низької та високої (до 62 г/л) мінералізації, глибинні розсоли, конденсаційні води і близькі до них за складом

Т а б л и ц я 3. Характеристика гідрогеологічних розрізів Хідновицького родовища

Свердловина	Глибина, м	M , г/л	$P_{o.n}$, МПа	α , %	Тип води*	rNa/rCl
А. Поперечний розріз, горизонт НД-5						
25	1006	6,20	9,6	95	ГХ-КН	0,97
118	1170	9,90	10,9	93	Х-КМН	0,85
112	1100	6,60	10,5	95	Х-МН	0,94
23	1194	4,80	11,6	97	СГХ-АН	1,26
23	1300	2,80	12,8	98	СГХ-АН	1,21
Б. Повздовжній розріз, горизонт НД-3						
123	877	4,50	8,4	96	ГХ-Н	1,01
120	928	2,40	9,1	98	Х-КМАН	0,73
36	960	30,8	7,3	76	Х-МКН	0,85
39	1070	45,56	7,2	67	Х-МКН	0,86

*У символах типу вод усі йони з вмістом понад 5 %-екв. вказано (початковими буквами їхніх назв) у порядку цього збільшення.

води бароосмотичних потоків. Їхня добра збереженість пояснюється закритістю окремих гідрогеологічних структур. Проте головною особливістю гідрогеологічних умов на родовищі є існування спрямованого догори розрізом сильного бароосмотичного потоку майже чистої води (з невеликою домішкою найбільш рухомих іонів Na^+ і Cl^-), який в умовах гідрогеологічно закритої структури Хідновицького підняття поступово привів до переносу значної кількості NaCl із низів сарматських і більш давніх відкладів у верхні горизонти, що зумовило там аномальну для Передкарпатських газових родовищ значну поширеність вод хлоридно-натрієвого типу та маломінералізованих гідрокарбонатно-хлоридних вод з широким спектром катіонів. Вплив геологічно тривалого бароосмосу на північно-західному блоці Хідновицької структури виявився значно сильнішим, ніж на південно-східному, де проникність відкладів набагато більша і важливу роль могла відігравати проста фільтрація. Існування на Хідновицькому газовому родовищі постійного бароосмотичного потоку молекул H_2O із глибинних структур дозволяє припускати можливість і постійного потоку газів із надр Крукеницької западини через сильно розігріті розущільнені ділянки глинистих порід як своєрідний прояв газового осмосу. На таку можливість вказує виявлене 2004 р. збільшення розрахункових видобувних запасів газу, коли внаслідок експлуатації значно знизилися пластові тиски в газових покладах, а також встановлена недавно газоносність глибинних відкладів Хідновицької структури (горизонти НД-11, 13, 14, 16) у зоні св. 400 (Чебан, Владика, 2007). Якщо наше припущення вірне, то експлуатацію Хідновицького родовища можна продовжувати.

Автори вдячні Олександрі Щербі за допомогу при відборі первинного геологічного матеріалу.

Атлас родовищ нафти і газу України : у 6 т. / Під ред. М. М. Іванюти. – Львів : Центр Європи, 1998. – Т. 4 : Західний нафтогазоносний регіон. – 328 с.

Геохімічні парагенетичні асоціації компонентів пластових вод Хідновицького газового родовища (Передкарпаття) / В. В. Карабін, В. В. Колодій, М. І. Павлюк, Р. П. Паньків // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2005. – № 3–4. – С. 71–84.

Гольдберг В. М., Скворцов Н. П. Проницаемость и фильтрация в глинах. – М. : Недра, 1986. – 160 с.

Карпатська нафтогазоносна провінція / В. В. Колодій, Г. Ю. Бойко, Л. Е. Бойчевська та ін. – Львів ; К. : Укр. вид. центр, 2004. – 390 с.

Кушнір С. В. Бароосмотичний аналіз як новий метод гідрогеологічних досліджень // Доп. НАН України. – 2009. – № 11. – С. 104–110.

Кушнір С. В., Паньків Р. П., Кость М. В. Бароосмотичний аналіз гідрогеологічних умов на Шереметівському газовому родовищі (Передкарпаття) // Там само. – 2010. – № 7. – С. 101–110.

Павлюк О. Особливості геологічної будови та формування покладів газу в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2009. – № 3–4 (148–149). – С. 31–43.

Смирнов С. И. Введение в изучение геохимической истории подземных вод седиментационных бассейнов. – М. : Недра, 1976. – 304 с.

Чебан О. В., Владика В. М. Перспективи нарощування видобутку газу на старих родовищах Передкарпаття на прикладі Рудківського газового родовища // Проблеми нафтогазової промисловості. – 2007. – № 5. – С. 326–329.

Щенак В. М. О происхождении маломинерализованных щелочных вод Внешней зоны Предкарпатского прогиба // Маломинерализованные воды глубоких горизонтов нефтегазоносных провинций. – Киев : Наук. думка, 1985. – С. 118–190.

Щерба В. М., Павлюх И. С., Щерба А. С. Газовые месторождения Предкарпаття. – Киев : Наук. думка, 1987. – 148 с.

Стаття надійшла
17.08.10

Svyatoslav KUSHNIR, Maria KOST', Ihor DUDOK, Roman PANKIV

BAROOSMOTIC ANALYSIS OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AT KHIDNOVYCHY GAS FIELD (UKRAINIAN PRECARPATHIA)

We have conducted a baroosmotic analysis of hydrogeological conditions at a gas field of underthrust type. It appears that one can observe edge waters of different origin: metamorphosed sea waters of low and high (up to 62 g/l) mineralization, deep-seated salt brines, condensation waters and closed to them by composition waters of baroosmotic flows. More concentrated waters are found in the upper part of the Lower Dashava Subformation (up to LD5), and low-mineralized are distributed throughout all horizons, but are mainly concentrated in LD4 and LD5 and LD7. In addition, brines with $M > 100$ g/l are found at horizons LD1, 2 and 3 only. In waters of the Upper Dashava Subformation (UD 10–13) mineralization ranges within the limits of 28.8–61.9 (average – 43.8 g/l), low-mineralized (1.76 g/l) water is found at the horizon of UD9. Low-mineralized waters are concentrated in localities of slightly permeable deposits and concentrated ones in localities of high-permeable deposits where the relative role of the baroosmotic transfer and filtration should be different not only for waters, but for gases too. Results of calculation of baroosmotic characteristics of edge waters by horizons have testified to that hydrogeological condition in the same horizon at different localities of the Khidnovychy area of enormous size can differ sufficiently one from another, and this is connected first of all, with different permeability of rocks. Constantly acting deep-seated baroosmotic flow of H_2O -molecules (with admixture of NaCl) is found upward the section which gave the chloride-sodium composition, characteristic of these fields only, to most edge waters and sufficient extension of low-mineralized waters in all horizons. The influence of geologically prolonged baroosmose in the north-western block of the Khidnovychy structure has appeared to be much stronger than that one in the south-eastern block where permeability of deposits is much higher and simple filtration could play an important role. The existence of continuous baroosmotic flow of H_2O -molecules from the deep-seated structures at the Khidnovychy gas field allows us to suppose the possibility of constant flow of gases from the bowels of the Krukenychy deep through heated unconsolidated sites of clay rocks as a kind of gas osmose manifestation.

Additional studies, executed by us, that concerned the distribution of waters of different mineralization in the Krukenychy field have shown that reversed hydrochemical zonality in waters of the Sarmatian deposits, characteristic of Precarpathia, is not kept here, and a group of boreholes with not very mineralized waters is distinguished throughout the whole section. Formational pressures in water- and gas-bearing horizons of the field are close to conditional hydrostatic pressures, and temperature does not reach 70 °C. Temperature data processing has revealed that geothermal gradient of the field is very high (3.6 degree/100 m). It's quite possible that vertical baroosmotic flow of H_2O -molecules has made a considerable contribution to a strong warming of the bowels in the Krukenychy area too. Results of the work show that the method of baroosmotic analysis can be successfully used in the greatest part of the gas fields of Precarpathia. Such investigations look especially perspective in the fields surrounding the Krukenychy deep.