

ZASTOSOWANIE KLASYFIKACJI HYDROCHEMICZNEJ PRZY POSZUKIWANIACH NAFTOWYCH

UKD 660.94:551.491.4.001.3:553.981/982

Kryteria poszukiwawcze złóż ropy naftowej i gazu ziemnego oparte są m.in. na przesłankach hydrochemicznych. Przydatność hydrochemii przy ocenie perspektyw jest bardzo duża, ale pod warunkiem właściwego jej zastosowania. W praktyce jednak zastosowanie hydrochemii dla wydzielenia obszarów perspektywicznych jest w Polsce niewystarczające. Dzieje się to wobec drugorzędnej i połowicznej traktowania tego zagadnienia w praktyce.

W projektach robót geologicznych, najczęściej tylko z powodu obowiązujących przepisów, uwzględnia się badania hydrochemiczne, ograniczone z reguły do określenia wartości mineralizacji. Natomiast nie bierze się pod uwagę stopnia metamorfizmu wód i powiązania ich z wodami reliktowymi. Tak zawężone badania hydrochemiczne mogą być przydatne przy poszukiwaniach wód mineralnych, ale nie w problematyce naftowej.

Niektóre solanki o dużej mineralizacji zbliżone są swoim składem do ługów solnych, które świadczą o istnieniu niekorzystnego środowiska dla zachowania się złóż węglowodorów. Przyjmowanie za perspektywiczne wody powyżej 50 g/l lub 100 g/l możliwe jest tylko w przypadku, gdy ich chemizm zbliżony jest do wód reliktowych (7). S. Depowski po raz pierwszy w Polsce zastosował w sposób wystarczający, chociaż ogólny, klasyfikację wód W. A. Sullina, która jest szczególnie dobrze dostosowana do warunków Niżu Polskiego (5, 8, 9). Klasyfikację tę należy stosować, zwłaszcza do opracowań regionalnych i obszarów słabo poznanych. W rejonach występowania złóż ropy naftowej można stosować klasyfikację przedstawioną przez L. Cimaszewskiego (1, 4). Wykazuje ona strefowość hydrochemiczną w obrębie konturów złóż ropy naftowej i gazu ziemnego.

Na obszarach mało rozpoznanych bardziej przydatną wydaje się klasyfikacja W. S. Sullina z modyfikacją autora niniejszego artykułu, zastosowana z powodzeniem w opracowaniach regionalnych (3). Obrazuje ona strefowość wód podziemnych z zaznaczeniem stabilności hydrochemicznej basenu zbiornikowego. Klasyfikacja została opracowana na podstawie ok. 400 analiz wód, co pozwoliło na usystematyzowanie solanek i wydzielenie kilku stref hydrochemicznych o różnych warunkach zbiornikowych dla zachowania się złóż węglowodorów (3). Ze względu na skład chemiczny oraz stopień metamorfizmu wydzielono następujące typy wód i solanek:

a) wody typu wodorowęglanowo-sodowego ($\text{HCO}_3 - \text{Na}$), obejmujące górną strefę basenu zbiornikowego, o intensywnej wymianie wód i niekorzystnych warunkach dla zachowania się złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Wody określa się na

podstawie stosunku $\frac{r\text{Na} - r\text{Cl}}{r\text{SO}_4} > 1$.

b) wody typu siarczanowo-sodowego ($\text{SO}_4 - \text{Na}$) przy $\frac{r\text{Na} - r\text{Cl}}{r\text{SO}_4} < 1$.

c) wody typu chlorkowo-magnezowego ($\text{Cl} - \text{Mg}$) przy $\frac{r\text{Cl} - r\text{Na}}{r\text{Mg}} < 1$ i określające strefę przejściową pomiędzy intensywną wymianą wód, a strefą dolną o utrudnionej wymianie wód.

d) wody typu chlorkowo-wapniowego ($\text{Cl} - \text{Ca}$) przy $\frac{\text{Cl} - \text{Na}}{\text{Mg}} > 1$ obejmuje strefę dolną najbardziej odizolowaną od wpływów wód infiltracyjnych.

Ponieważ w obrębie tego typu wód następuje duże zróżnicowanie w składzie chemicznym, autor opracował wstępny podział wód chlorkowo-wapniowych, rozdzielając go na 5 klas. Każda klasa charakteryzuje różne warunki zbiornikowe w sensie stabilności hydrochemicznej basenu. Podział ten określa perspektywiczność występowania węglowodorów na podstawie stopnia metamorfizmu wód. Przez perspektywiczność rozumie się istnienie najdogodniejszych warunków dla zachowania się złóż węglowodorów, w sensie odizolowania poziomów zbiornikowych od stref intensywnej wymiany wód. Najdogodniejsze warunki zbiornikowe określają solanki zbliżone do wód reliktowych, o dużym stopniu metamorfizmu na tle profilu hydrochemicznego. Warunki takie częściowo spełniają solanki chlorkowo-wapniowe o wysokim stopniu metamorfizmu, jednocześnie wzbogacone w pierwiastki biofilne. Wody i solanki chlorkowo-wapniowe dzielą się na 5 klas, zaznaczających strefowość hydrochemiczną zbiornika:

1. Klasa Cl - Ca I przy $r\text{Na} : r\text{Cl} > 0,65$ charakteryzuje strefę mało stabilną, o zaznaczającej się wymianie wód, co zalicza ją do strefy mało perspektywicznej dla zachowania się złóż węglowodorów.

2. Klasa Cl - Ca II przy $r\text{Na} : r\text{Cl} = 0,65 - 0,75$ (0,85) charakteryzuje strefę graniczną pomiędzy strefą małowymenną a stabilną basenu zbiornikowego, co zalicza ją na ogół do strefy małowymennej.

3. Klasa Cl - Ca III przy $r\text{Na} : r\text{Cl} = 0,75$ (0,85) - 0,65 (0,60) - charakteryzuje sprzyjające warunki dla zachowania się złóż węglowodorów i nazywa się strefą średnio perspektywiczną.

4. Klasa Cl - Ca IV przy $r\text{Na} : r\text{Cl} = 0,65$ (0,60) - 0,50 charakteryzuje się całkowitym odizolowaniem poziomów zbiornikowych oraz istnieniem solanek reliktowych, co zalicza ją do strefy perspektywicznej.

5. Klasa Cl - Ca V przy $r\text{Na} : r\text{Cl} < 0,50$ charakteryzuje się obecnością solanek reliktowych o wysokim stopniu metamorfizmu, co zalicza tę strefę do bardzo perspektywicznych.

— przy dodatkowych wskaźnikach perspektywiczności:

a. Jod (J) powyżej 1 mg/l,

b. Brom (Br) powyżej 300 mg/l,

przy czym wzrost jodu i bromu może wskazywać na nagromadzenie się bituminiów:

c. Stosunek $\text{Br} : \text{Cl}$ poniżej 350

d. Stosunek $\frac{r\text{SO}_4 \cdot 100}{r\text{Cl}}$ poniżej 1

W obrębie solanek chlorkowo-wapniowych granice określające poszczególne strefy perspektywiczne należy dostosować dla różnych regionów geologicznych, zależnie od stopnia zaawansowania przemian hydrochemicznych w czasie geologicznym. Dla zbiornika mezozoicznego i kenozoicznego obowiązują granice podane w nawiasach. Np. dla symekliki perybaltyckiej autor przyjął następujący, uproszczony, schemat podziału solanek chlorkowo-wapniowych:

klasa I, przy $r\text{Na} : r\text{Cl} > 75$ i mineralizacji poniżej 50 g/l, co charakteryzuje strefę mało perspektywiczną o intensywnej wymianie wód;

WODY TOWARZYSZĄCE ZŁOŻOM ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO

a) region geologiczny b) nazwa otworu	Stratygrafia	Mineralizacja w g/l	$\frac{r \text{ Na}}{r \text{ Cl}}$	$\frac{r \text{ SO}_4 \times 100}{r \text{ Cl}}$	$\frac{\text{Cl}}{\text{Br}}$	a) Br b) J mg/l	Typ solanki	Uwagi
a) monoklina przed- sudecka b) Rybaki — 15	cechsztyn, dolomit główny	422,9	0,61	0,10	237	a) 5422 b) 2	Cl—Ca IV	odwiert eksploata- cyjny — ropa
a) j.w. b) Nowa Sól — 5	cechsztyn, dolomit główny	384,8	0,40	0,15	318	a) 3571 b) 1	Cl—Ca V	solanka z ropą
a) j.w. b) Pomorsko — 1	cechsztyn, dolomit główny	157,0	0,65	0,16	—	—	Cl—Ca IV	odwiert eksploata- cyjny — ropa
a) j.w. b) Czeklin — 1	cechsztyn, dolomit główny	361,0	0,41	0,11	—	—	Cl—Ca V	odwiert eksploata- cyjny — gaz
a) synklinorium lubelskie b) Komarów IG — 1	dewon środkowy i dolny	112,0	0,60	0,55	133	a) 515 b) 6	Cl—Ca IV	gaz o ciśnieniu 200 atm.
a) j.w. b) Dęblin — 7	karbon, namur B, C	192,1	0,60	0,04	—	—	Cl—Ca IV	nieprzemysłowy przyływ ropy
a) j.w. Niedrzwica IG — 1	dewon górny	80,5	0,29	0,80	—	—	Cl—Ca V	nieprzemysłowy przyływ ropy
a) synekliza perybał- tycka b) Kętrzyn IG — 1	sylur	133,0	0,60	0,03	70	a) 2560 b) 1,4	Cl—Ca IV	nieprzemysłowy przyływ ropy

Klasa II przy $r\text{Na} : r\text{Cl} > 75$ i mineralizacji powyżej 50 g/l, co oznacza występowanie solanek o charakterze zbliżonym do ługów solnych;

klasa III przy $r\text{Na} : r\text{Cl} < 75$ jest strefą najbardziej odizolowaną.

W przyjętej klasyfikacji oprócz stopnia metamorfizmu decydującą rolę odgrywają: brom i jod jako pierwiastki biotylne. Wynika to z podwyższonej koncentracji pierwiastków biotylnych w solankach, towarzyszących złożom ropy naftowej. Największe zawartości jodu w ilości 140 mg/l stwierdzono w solankach Sięsta Cieszyńskiego, w rejonie Krosna n. Wisłokiemu, gdzie wydobywane wraz z ropą naftową solanki zawierają do 40 mg/l jodu (2).

Drugą z pierwiastków biotylnych — brom, z powodu trudności analitycznych nie był do tej pory oznaczony. Nieliczne dane z regionu Podkarpacia wykazują jego podwyższone zawartości w solankach — do 688 mg/l. W syneklizie perybałtyckiej z wapieni syluru uzyskano nieprzemysłowy przepływ ropy naftowej z solanką o zawartości ponad 2600 mg/l bromu. W solankach towarzyszących złożom ropy i gazu monoklinu przed-sudeckiej brom występuje w bardzo dużych ilościach, ok. 5600 mg/l (3). W wietln wodach towarzyszących złożom ropy zamożowano duże ilości bromu, przy śladowych ilościach jodu i odwrrotnie, co uzależnione jest prawdopodobnie od rodzaju substancji biotylizowanych, które w różnym stopniu adsorbują poszczególne pierwiastki biotylne.

Koncentracja jodu w solankach związana jest przede wszystkim z substancją pochodzenia organicznego, a koncentracja bromu w środowisku nieorganicznym dochodzi do pewnej ustalonej granicy. Np. w syneklizie perybałtyckiej największa koncentracja bromu w solankach potasowych wynosi ok. 440 mg/kg. Są też przypady, że w solankach potasowych koncentracja ta dochodzi do 1000 mg/kg. Dla solanek poza obrębem zbiżki soli potasowych za dolną granicę perspektywiczności należy uznać 300 mg/l bromu z zastrzeżeniem, że wzrost bromu jest zjawiskiem pozytywnym.

Słuszność opracowanej klasyfikacji potwierdzają liczne przykłady z obszaru Niżu Polskiego. W tabeli zamieszczono kilka wybranych otworów z wyraźnym objawami ropy i gazu. W rejonie monoklinu przed-sudeckiej odwierty Rybak-15 i Pomorsko-1, eksploatujące ropę, zawierają solankę chlorkowo-wapniową klasy IV, strefy bardzo perspektywicznej (3). Poza tym bezopóźnienia wskazaniami występowała duże zawartości bromu, powyżej 5400 mg/l, co jest największą splotyczną wartością w Polsce. Podobnie otwory produkujące gaz występowały w strefie solanek chlorko-

wo-wapniowych V, o bardzo niskim współczynniku sodowo-chlorkowym (0,41) i niskim wskaźniku siarczanowości (0,11).

W sytuacji intensywnych poszukiwań na Niżu Polskim, w jego innych regionach poza monokliną przedsiudecką, uzyskano nieprzemysłowy przypływ ropy naftowej w synklinorium lubelskim w otworach Dęblin-7 i Niedrzwica IG-1. I właśnie w tym regionie, w którym nie ma jeszcze eksploatacji złóż, bardzo pomocna staje się przyjęta klasyfikacja hydrochemiczna, gdyż na obecność złóż ropy naftowej wskazuje tu strefa bardzo perspektywiczna solanek chlorkowo-wapniowych klasy V-IV, przy $r_{Na} : r_{Cl} = 0,60$. W regionie tym w otworze Komarów IG-1 uzyskano przepływ gazu ziemnego o ciśnieniu głowicowym 200 atm. Złoże gazu występowało w strefie perspektywicznej solanek chlorkowo-wapniowych klasy IV. W synekliizie perybałtyckiej ropa naftowa w Kętrzynie IG-1 występuje w strefie wód chlorkowo-wapniowych klasy IV, co świadczy o dużych perspektywach na odkrycie pierwszych złóż węglowodorów w tej części Niżu Polskiego.

Jak widać zastosowanie powyższej klasyfikacji w ocenie występowania węglowodorów może mieć ogromne znaczenie przy efektywności poszukiwań. Główną jej zaletą jest wykazanie strefowości wód w obrębie całego basenu zbiornikowego, począwszy od wód kenozoicznych do staropaleozoicznych.

SUMMARY

Hydrochemical coefficients are one of the important criteria in search for crude oil. Having this in view, the present author has elaborated the subdivision of ground waters, based on the classification of W. A. Sulim. To the zone of intense water exchange are referred waters of HCO_3-Na type, and those of transition zone (SO_4-Na type) and $Cl-Mg$ type. The lower, more stable zone with brine of $Cl-Mg$ type, has been subdivided into 5 classes characterized by various degree of possibility in preservation of hydrocarbon deposits. Class $Cl-Ca$ I and II, when $r_{Na} : r_{Cl}$ is more than 0,75, is characteristic of a low-perspective zone; class $Cl-Ca$ III - V, when $r_{Na} : r_{Cl}$ is below 0,75, represents the perspective zone. This is represented by brines completely isolated from the adjacent waters, the chemical composition of which resembles that of relict waters. The classification is highly clear and adapted to the conditions found to occur in the Polish Lowland area.

LITERATURA

1. Bars E. A. — Гидрохимические показатели нефтеносности и гидрохимические методы поисков нефтяных месторождений. Геология Нефти, 1956, nr 9.
2. Bojarski L. — Jod i brom jako wskaźniki hydrochemiczne występowania węglowodorów w mezozoiku i paleozoiku północnej Polski. Kwart. geol. 1936, nr 1.
3. Bojarski L. — Ocena hydrochemiczna możliwości występowania węglowodorów w przybałtyckiej części antyklinalium i synklinorium pomorskiego. Kwart. geol. (w druku).
4. Cimaszewski L. — Anomalie hydrochemiczne złóż naftowych. Geof. i geol. naftowa, 1967, nr 7-9.
5. Depowski S., Królicka J., Łaszcz B. — Występowanie węglowodorów na Niżu Polskim w świetle wyników badań hydrochemicznych. Kwart. geol. 1965, nr 7.
6. Gumułka J. — Charakterystyka wód głównego dolomitu Z-2 na tle geochemii wód permskiego obszaru (w przygotowaniu do druku).
7. Krotowa W. A. — Гидрогеологические критерии нефтеносности. Ленинград, 1960.
8. Pádro Z. — Hydrogeologia ogólna. Warszawa, 1964.
9. Sulim W. A. — Гидрогеология нефтяных месторождений. Гостоптехиздат 1948.

РЕЗЮМЕ

Одним из поисковых критериев на нефть являются гидрохимические показатели. С этой целью автор провел подразделение подземных вод согласно классификации В.А. Сулима. К зоне интенсивного водообмена зачислены воды водород-карбонатно-натриевого типа (HCO_3-Na) и воды переходной зоны сульфатно-натриевого (SO_4-Na) и хлоридно-магnezияльного ($Cl-Mg$) типов. Нижняя, более стабильная зона вод типа хлоридно-кальциевых растворов подразделяется на 5 классов с разной степенью перспективности углеводородных залежей. Классы $Cl-Ca$ I и II при $r_{Na} : r_{Cl}$ выше 0,75 определяют малоперспективную зону; классы $Cl-Ca$ III-V при $r_{Na} : r_{Cl}$ ниже 0,75 характеризуют перспективную зону. Она представлена растворами, полностью изолированными от окружающих вод, сходных по химическому составу с остаточными водами. Эта классификация отличается большой ясностью и согласованностью с условиями Польской низменности.