

Adam Zubrzycki*, Stanisław Dubiel*

**MINERALIZACJA WÓD ZŁOŻOWYCH
MIOCENU AUTOCHTONICZNEGO
ZAPADLIKA PRZEDKARPACKIEGO
ORAZ ICH WPŁYW NA ŚRODOWISKO NATURALNE****

1. WSTĘP

Głównym składnikiem odpadów ponaftowych w okresie poszukiwania i eksploatacji złóż węglowodorów są wody złożowe [4, 5]. Ich ilość może znacznie przekraczać ilość wydobywanych węglowodorów i zwiększa się często w miarę postępu eksploatacji oraz stosowania metod intensyfikacji wydobywania ropy naftowej i gazu ziemnego przez kwasowanie węglanowych skał zbiornikowych, względnie zatłaczanie wody do złoża.

Wody złożowe towarzyszące akumulacjom węglowodorów odzwierciedlają skład chemiczny skał zbiornikowych, w których się znajdują, ponieważ działają rozpuszczająco na minerały, z których są one zbudowane. Można zatem twierdzić, że istnieje ścisła współzależność pomiędzy charakterem wody złożowej a ośrodkiem skalnym, w którym ona występuje. Skład chemiczny wód złożowych jest bardzo zróżnicowany i zależy od rodzaju oraz wieku skał zbiornikowych oraz ich charakterystyki fizykochemicznej. Wody złożowe mogą być mało lub silnie zmineralizowane, z dużą zawartością nieprzyswajalnych przez środowisko soli, w tym NaCl, oraz związków chemicznych o właściwościach trujących, np. siarkowodoru H_2S , czy też niekiedy pierwiastków promieniotwórczych. W wodach złożowych miocenu autochtonicznego zapadliska przedkarpackiego stwierdzono występowanie bardzo zróżnicowanych ilości NaCl. Podczas opróbowania skał zbiornikowych rurowym próbnikiem złoża (RPZ) stwierdzono, że zawartość tej soli w wodzie złożowej wynosi od około 10 do 260 g/dm³. Świadczy to o generalnie średnim stopniu mineralizacji wód złożowych miocenu autochtonicznego, w porównaniu do innych poziomów stratygraficznych i obszarów poszukiwań naftowych w Polsce.

W pracy przeanalizowano dwie strefy zapadliska przedkarpackiego z akumulacjami gazu ziemnego: południową, obejmującą miocen autochtoniczny, przed i pod nasunięciem karpackim (Tarnów – Rzeszów) oraz północno-wschodnią, w strefie Dzików – Wola Ob-

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Praca wykonana w ramach badań własnych byłej Katedry Złóż Węglowodorów i Kształtowania Środowiska

szańska – Cieszanów – Lubliniec. Strefy te różnią się miąższością utworów miocেনских: w pierwszej do ponad 2 tys. m, a w drugiej 800 do 1200 m oraz występowaniem poziomów ewaporatowych (halit) w strefie południowej. W obydwu strefach notowane były awarie wiertnicze połączone z erupcjami gazu ziemnego i wód złożowych.

2. ANALIZA ZMIAN STĘŻENIA NaCl W WODACH ZŁOŻOWYCH MIOCENU POŁUDNIOWEJ STREFY ZAPADLIKA PRZEDKARPACKIEGO W FUNKCJI GŁĘBOKOŚCI ZALEGANIA SKAŁ ZBIORNIKOWYCH

Ogólnie mineralizacja wód złożowych rośnie wraz z głębokością zalegania skały zbiornikowej. Taką korelację stwierdzono w przypadku wód złożowych miocenu autochtonicznego południowej strefy zapadliska przedkarpackiego, po przeanalizowaniu wyników badań laboratoryjnych prób płynu pobranych podczas opróbowań skał zbiornikowych miocenu rurowymi próbnikami złoża (RPZ) [3]. Pobrane próby płynu, oprócz wody złożowej, zawierały często także gaz ziemny oraz płuczkę wiertniczą lub jej filtrat, przez co zawartość NaCl, określana laboratoryjnie, była nieco zaniżona. Zawartość chlorków określono w przypadku występowania wody złożowej w badanej próbie płynu. Należy podkreślić, że w analizowanym okresie (1993–1998) dowiercanie miocেনских złóż gazu ziemnego realizowano w tej strefie bez stosowania płuczek zawierających KCl – chlorek potasu. Skompletowane wyniki tych badań zestawiono w tabeli 1.

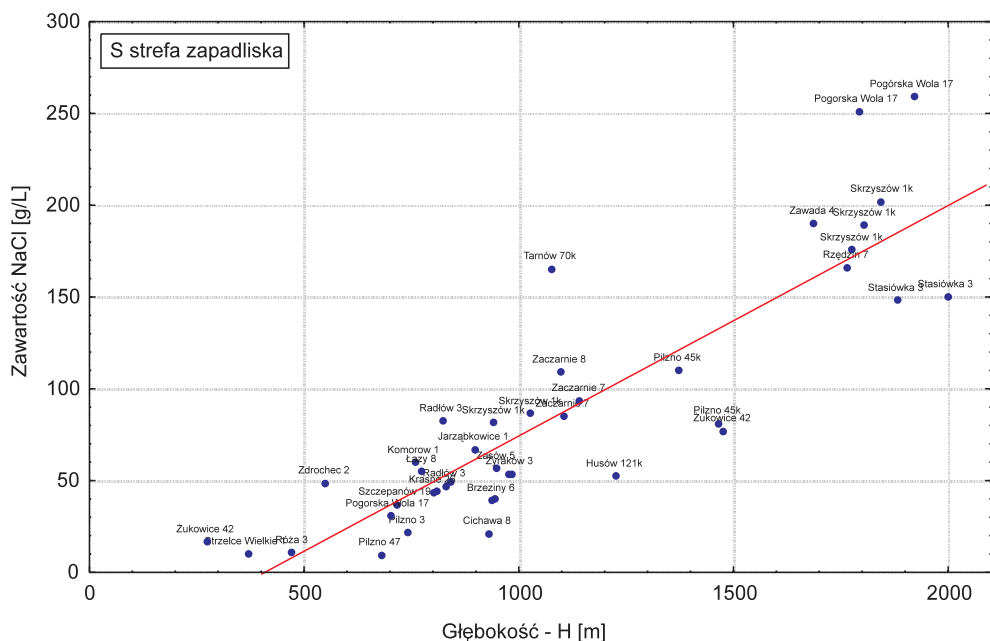
Tabela 1

Wyniki badań zawartości NaCl w wodach złożowych miocenu autochtonicznego południowej strefy zapadliska przedkarpackiego

Odwiert i nr zapięcia RPZ w danym roku	Interwał opróbowania [m]	Środkowa głębokość badanego interwału H_{sr} [m]	Zawartość NaCl, [g/dm ³]	Rodzaj płynu przyływającego do przewodu próbnikowego
Tarnów 70 k; 87/93	1058–1096	1077	165,35	Woda złożowa + gaz palny
Skrzyszków 1 k; 84/94	1770–1779	1774,5	175,5	Woda złożowa + gaz palny
Skrzyszków 1 k; 92/94	1022–1030	1026	86,3	Woda złożowa nagazowana
Skrzyszków 1 k; 96/94	932–949	940,5	81,3	Woda złożowa
Żyraków 3; 39/96	971–985	978	53,62	Woda złożowa + gaz
Róża 3; 127/96	454–490	472	10,6	Woda złożowa + gaz
Radłów 3; 88/95	804–855	829,5	46,99	Woda złożowa nagazowana
Radłów 3; 89/95	813–831	822	82,4	Woda złożowa nagazowana
Husów 121 k; 7/95	1225–1227	1226	52,3	Woda złożowa + płuczka
Strzelce Wielkie 1 51/95	365–378	371,5	10	Woda złożowa + płuczka
Pilzno 45 k; 56/95	1445–1486	1465,5	81,2	Woda złożowa + gaz palny
Pilzno 45 k; 58/95	1367–1378	1372,5	110	Woda złożowa + gaz palny
Zasów 5; 9/96	928–970	949	56,51	Woda złożowa + ślady gazu

Tabela 1 cd.

Odwiert i nr zapięcia RPZ w danym roku	Interwał opróbowania [m]	Środkowa głębokość badanego interwału H_{sr} [m]	Zawartość NaCl, [g/dm ³]	Rodzaj płynu przyływającego do przewodu próbnikowego
Zaczarnie 8; 51/96	1110–1085	1097,5	109	Woda złożowa + ślady gazu
Cichawa 8; 52/96	921–940	930,5	21,1	Woda złożowa + płuczka + gaz
Zawada 4; 51/93	1678–1693	1685,5	190	Woda złożowa + gaz palny
Szczepanów 19; 84/96	690–741	715,5	37	Woda złożowa + gaz palny
Pilzno 47; 109/96	670–690	680	9,49	Woda złożowa + ślady gazu
Brzeziny 6; 8/94	920–952	936	39	Woda złożowa + płuczka + gaz
Jarząbkowice 1; 17/94	888–910	899	67	Woda złożowa + gaz palny
Skrzyszków 1 k; 68/94	1840–1850	1845	202	Woda złożowa + gaz palny
Skrzyszków 1 k; 77/94	1801–1808	1804,5	189	Woda złożowa + gaz palny
Komorów 1; 106/94	732–784	758	59,66	Woda złożowa + gaz palny
Zaczarnie 7; 155/94	1070–1140	1105	85	Woda złożowa + gaz palny
Zaczarnie 7; 158/94	1140–1145	1142,5	93,5	Woda złożowa + gaz palny
Zdrohec 2; 167/94	532–569	550,5	48,6	Woda złożowa + gaz palny
Rzędzin 7; 1/93	1742–1785	1763,5	166	Woda złożowa + gaz palny
Łazy 8; 137/93	757–789	773	54,78	Woda złożowa + płuczka + gaz palny
Brzeziny 4; 165/93	820–860	840	48,8	Woda złożowa + gaz
Żyraków 3; 39/96	971–985	983	53,6	Woda złożowa + gaz palny
Pilzno 3; 96/96	722–764	743	21,5	Woda złożowa + gaz palny
Krasne 26; 2/97	788–817	802,5	43,6	Woda złożowa + płuczka + ślady gazu
Pogórska Wola 17; 16/97	1915–1930	1922,5	259	Woda złożowa + płuczka + gaz palny
Pogórska Wola 17; 17/97	1781–1805	1793	251	Woda złożowa + gaz palny
Pogórska Wola 17; 35/97	698–705	701,5	30,6	Woda złożowa bez śladów gazu
Żukowice 43; 48/97	795–823	809	44	Woda złożowa + gaz palny
Żukowice 42; 54/97	1465–1490	1477,5	77	Woda złożowa + ślady gazu palnego
Żukowice 42; 55/97	270–277	273,5	16,5	Woda złożowa + gaz palny
Stasiówka 3; 5/98	1983–2014	1998,5	150	Woda złożowa + gaz palny
Stasiówka 3; 7/98	1794–1971	1882,5	148	Woda złożowa + gaz palny
Stasiówka 3; 9/98	933–955	944	40	Woda złożowa + gaz palny



Rys. 1. Zależność między zawartością NaCl w płynach uzyskanych w trakcie opróbowań interwałów potencjalnie gazonośnych a głębokością ich występowania w profilach miocenu autochtonicznego S strefy zapadliska przedkarpackiego

Wyniki analizy statystycznej zależności: $C_{\text{NaCl}} = f(H_{\text{sr}})$ ilustruje rysunek 1, gdzie: C_{NaCl} – zawartość NaCl w badanym płynie w g/dm^3 , a H_{sr} – środek głębokości badanego interwału w m. Otrzymany wykres, dla liczby analizowanych prób $N = 41$, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, jest modelem typu: $y = ax + b$, z wyznaczonym równaniem regresji liniowej w postaci:

$$C_{\text{NaCl}} = 0,126 \cdot H - 51,28 \text{ [g/l]} \quad (1)$$

Otrzymana wartość współczynnika korelacji jest zadowalająca i wynosi $R^2 = 0,766$.

Równanie (1) umożliwia prognozowanie zawartości NaCl w wodach złożowych w zależności od głębokości zalegania skał zbiornikowych miocenu na przedgórzu Karpat z przedziału $H_{\text{sr}} \in [270; 2000]$. Przykładowo dla przyjętych głębokości wynoszących $H_{\text{sr}} = 500; 1000; 1500$ m, prognozowane wartości C_{NaCl} wynoszą odpowiednio: 11,72; 74,72; 137,72 g/dm^3 .

Wysokie zawartości NaCl występujące poniżej głębokości 1500 m związane są prawdopodobnie z występowaniem poziomów ewaporatowych, głównie halitu, w głębokich (spagowych) strefach profilu miocenu autochtonicznego południowej części zapadliska przedkarpackiego.

3. WODY ZŁOŻOWE NE STREFY ZAPADLIKA PRZEDKARPACKIEGO I ICH GENETYCZNA CHARAKTERYSTYKA HYDROCHEMICZNA

Północno-wschodni obszar zapadliska przedkarpackiego, jako krawędziowy, charakteryzuje się znacznie mniejszymi miąższościami miocenu autochtonicznego – w zakresie od 800 do 1200 m. Profil mioceński tworzą (od stropu): piaskowcowo-łupkowe utwory dolnego sarmatu o miąższości 800–1000m, ilasto-piaszczyste utwory badenu górnego, ewaporaty (seria anhydrytowa) badenu środkowego oraz warstwy baranowskie badenu dolnego o sumarycznej miąższości ok. 150–200 m. Zalegają one niezgodnie na wapieniach lub piaskowcach jurajskich, kryjących ścięte erozyjnie piętro dolnopaleozoiczne, przeważnie w postaci silnie zdiagenezowanych mułowców syluru lub kambru, jako NE obrzeżenie antyklinorium Dolnego Sanu. W strefie tej, szczególnie w latach 1983–1986, prowadzone były prace wiertnicze, które doprowadziły do odkrycia małych akumulacji gazu ziemnego, w cienkich (4–12 m) horyzontach piaskowców ilastych sarmatu dolnego. Dalsze wiercenia prowadzono z powodzeniem w latach 1997–2006. W czasie prac wiertniczych w roku 1985 miały miejsce erupcje gazu połączone z wyrzutami wód złożowych (odwierty C-5, L-3). Z powodu braku danych z analiz chemicznych płynów uzyskanych w trakcie opróbowania próbnikami rurowymi, posłużono się rutynowymi, pełnymi analizami chemicznymi wód złożowych w ilości 74, pochodzącymi z różnych horyzontów miocenu, przeważnie z kompleksu sarmatu dolnego. Analizy chemiczne zostały wykonane przez laboratoria przemysłu naftowego i obejmowały następujące parametry: gęstość [g/cm^3], mineralizację ogólną (TDS) w [g/l], pH oraz zawartości anionów: Cl^- , Br^- , J^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} oraz kationów: Mg^{2+} , Ca^{2+} , $(\text{N}+\text{K})^+$, Fe^{3+} w mg/l (mval/l). Dla tego zbioru prób zastosowano metodę badawczą przedstawioną w analizie hydrochemicznej mioceńskich wód formacyjnych złoża gazu ziemnego Przemysł-Jaksmanice [9].

Mioceńskie wody złożowe analizowanej strefy zapadliska przedkarpackiego posiadają generalnie niską mineralizację, w zakresie: 8,93–129,42 g/l, średnio – 48,7 g/l, przy gęstości w zakresie: 1,006–1,118 g/cm^3 , średnio 1,035 g/cm^3 . Głównymi ich składnikami są jony Cl^- (zawartość w zakresie: 1,772–68,247 g/l) i Na^+ (zawartość od 2,519 do 44,408 g/l) oraz kationy Ca^{2+} i Mg^{2+} w zmiennych ilościach. Na podstawie wielkości obliczonych stosunków jonowych: $(\text{Na} - \text{Cl})/\text{SO}_4$, $(\text{Cl} - \text{Na})/\text{Mg}$ oraz Na/Cl określono ilościowo typy analizowanych wód złożowych tej strefy zapadliska, co dokumentuje tabela 2.

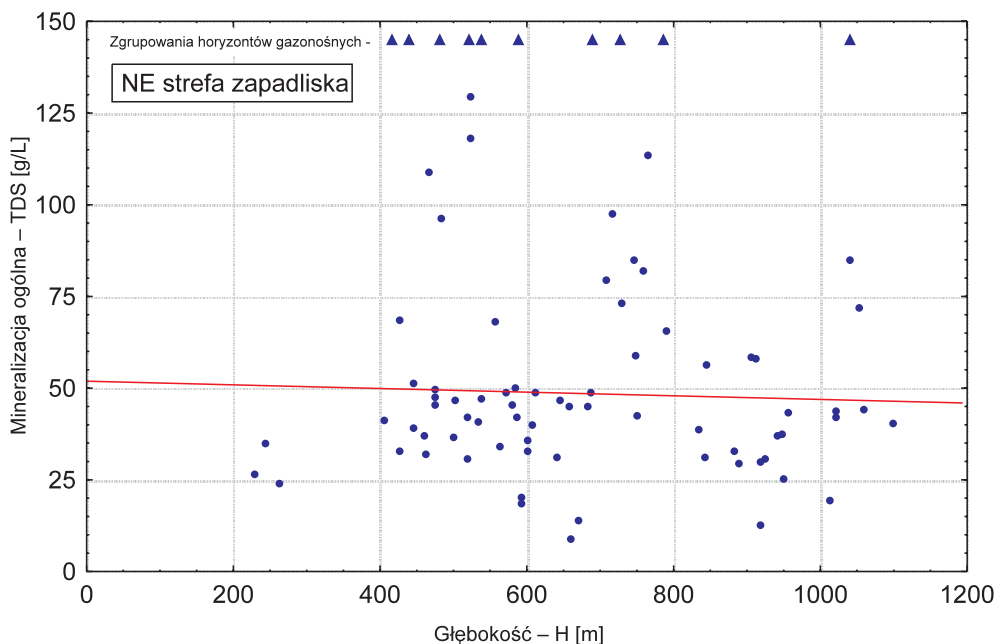
Tabela 2

Zestawienie ilościowe typów wód złożowych występujących w zbiorze analizowanych 74 prób pochodzących z NE strefy zapadliska przedkarpackiego

Typ wód	Charakterystyka	Ilość
A – (Cl – Na – Ca)	Chlorkowo-wapniowy	48 (64,9%)
B – (Cl – Mg)	Chlorkowo-magnezowy	12 (16,2%)
C – (HCO_3 – Na)	Wodorowęglanowo-sodowy	10 (13,5%)
D – (SO_4 – Na)	Siarczanowo-sodowy	4 (5,4%)

Z przedstawionego zestawienia wynika, że dominującym typem wód w tej strefie zapadliska jest typ A – (ok. 65%) charakterystyczny dla stref relatywnie izolowanych od wpływu wód infiltracyjnych i związany z występowaniem akumulacji węglowodorów. Typy B i D – razem ok. 22% związane są zazwyczaj ze strefami przejściowymi pomiędzy intensywną i słabą wymianą wód.

W badanym zbiorze wód złożowych nie stwierdzono korelacji pomiędzy mineralizacją ogólną a głębokością ich występowania. Zaznacza się jednak charakterystyczne zjawisko lokalnego wzrostu mineralizacji w strefach pojawiania się horyzontów gazonośnych, co ilustruje wykres na rysunku 2.



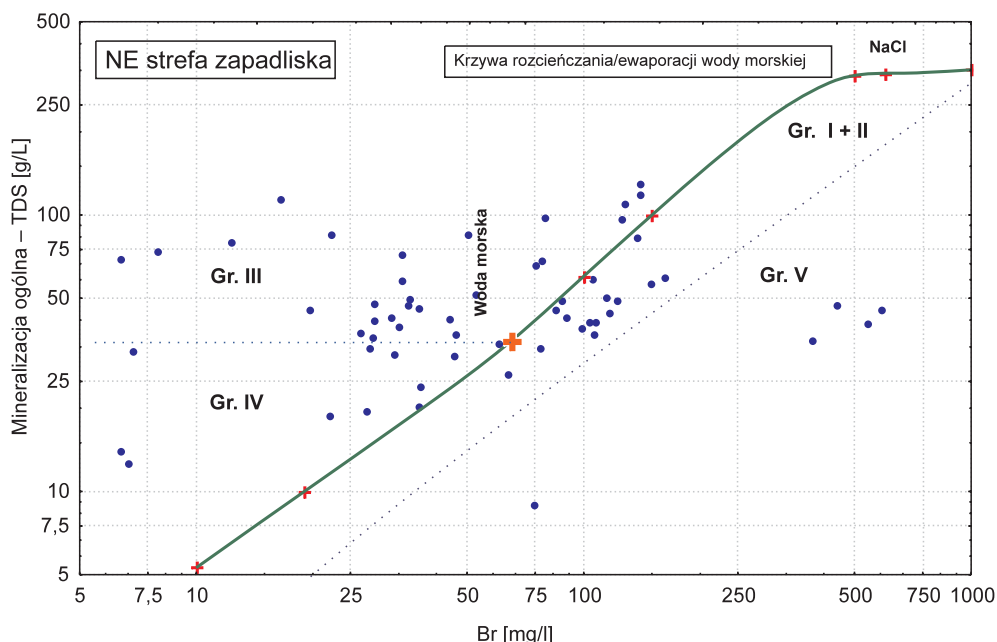
Rys. 2. Rozkład mineralizacji ogólnej – TDS analizowanych wód złożowych NE strefy zapadliska przedkarpackiego w profilu głębokościowym. Zwraca uwagę lokalny wzrost mineralizacji w strefach zgrupowań horyzontów gazonośnych oznaczonych: ▲

Brak korelacji między parametrami TDS v. H w tej strefie zapadliska można interpretować położeniem jej niedaleko obszaru infiltracji oraz równocześnie w regionalnej strefie wglębnego przepływu wód tej części zapadliska przedkarpackiego [9].

Analizowane wody złożowe zawierają zróżnicowane zawartości bromu (w kilku przypadkach nie badano jego zawartości), od 6,4 mg/l do 586,0 mg/l, średnio: 85,96 mg/l. Wykres zależności zawartości bromu w wodach złożowych względem ich mineralizacji ogólnej, określony w skalach logarytmicznych, pozwala ocenić ich prawdopodobną genezę [6, 10].

Z zależności przedstawionej na rysunku 3 wynika, że większość analizowanych wód NE strefy zapadliska przedkarpackiego reprezentuje I, II oraz III grupę genetyczną. Wody

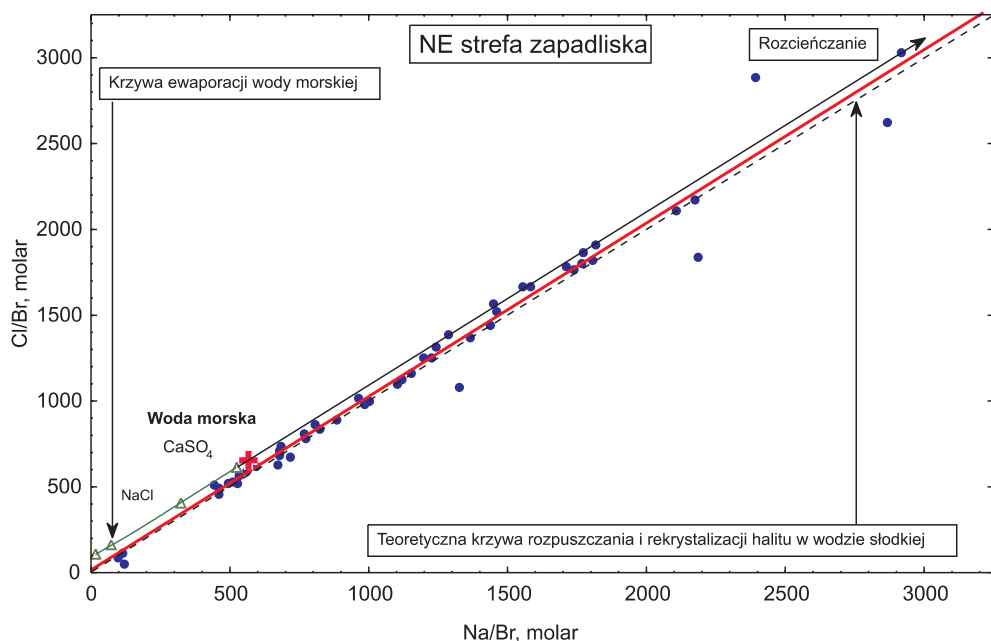
złożowe grupy I mogą być interpretowane jako wody kompacyjne, wyciśnięte z przeławień mułowcowo-lupkowych i częściowo wzbogacone w brom pochodzący z rozkładu materii organicznej (grupa II). Grupa III reprezentuje wody o podwyższonej mineralizacji, lecz o mniejszym stężeniu bromu w stosunku do ewaporującej wody morskiej, co w różnym stopniu, ale zawsze związane jest z rozpuszczaniem halitu (NaCl). Wody grupy IV są produktem mieszania się wód o różnej mineralizacji i różnego pochodzenia.



Rys. 3. Grupy genetyczne miocénskich wód złożowych NE strefy zapadliska przedkarpackiego wydzielone na podstawie zależności pomiędzy mineralizacją ogólną (TDS) a zawartością bromu

W celu wyjaśnienia problemu rozcieńczania wód w tej strefie wykorzystano zależność Cl/Br v. Na/Br , która normalizując zawartość głównych jonów (Cl^- i Na^+) względem bromu pozwala ocenić ewentualny efekt rozcieńczania. Na rysunku 4 przedstawiono te zależności dla analizowanego zbioru prób wód, na tle krzywej rozpuszczania (rekryształizacji) halitu (linia przerywana).

Punkt „woda morska” odpowiada stosunkom Cl/Br i Na/Br w wodzie morskiej. Strzałką oznaczono kierunek rozcieńczania wód, a przeciwnie skierowaną – krzywą ewaporacji wody morskiej. Krzywa regresji liniowej ($r_{xy} = 0,977$) dla zależności Cl/Br v. Na/Br (rys. 4) przebiega bardzo blisko punktu „woda morska” oraz w wąskim pasie między teoretyczną krzywą rozpuszczania/rekryształizacji halitu i krzywą ewaporacja-rozcieńczanie, blisko tej pierwszej. Taki przebieg krzywej dla zbioru analizowanych wód wyraźnie wskazuje, że w procesie ich ewolucji bardzo intensywnie zaznaczył się proces rozcieńczania, spowodowany regionalnym przepływem wglębnym wód infiltracyjnych.



Rys. 4. Zależność Cl/Br v. Na/Br w miocénskich wodach złoŹowych NE strefy zapadliska przedkarpackiego na tle krzywej ewaporacji wody morskiej i teoretycznej krzywej rozpuszczania halitu w wodzie słodkiej

Sześć prób niezamieszczonych na wykresie, charakteryzujących się wartościami Cl/Br i Na/Br rzędu 14 000 i mieszczących się wzdłuż krzywej regresji, potwierdza tylko mocne zaawansowanie tego procesu.

Z analitycznego porównania rysunku 3 i 4 wnioskować można, że pierwotnie były to wody morskie lub brakiczne [9], występujące w stopniowo spływającym i wysładzającym się, w czasie sarmatu dolnego, zbiorniku sedymentacyjnym zapadliska przedkarpackiego. Wody te uległy później procesowi rozcieńczenia i/lub mieszania się z wodami infiltracyjnymi, prowadzonymi regionalnym przepływem wgłębnym z NW ku SE.

4. WPLYW MINERALIZACJI WÓD ZŁOŹOWYCH NA ŚRODOWISKO GRUNTOWO-WODNE

W zmineralizowanych wodach złoŹowych (solankach), oprócz kationów sodu, potasu, magnezu, wapnia oraz anionów chlorkowych, siarczanowych i węglanowych, mogą pojawiać się też jony bromu, miedzi, jodu, Źelaza, rtęci, ołowiu, manganu, strontu, kadmu, chromu, niklu, wanadu, srebra, cynku [7]. Ponadto, podczas procesów technologicznych (dowiercanie i udostępnianie złoŹ węglowodorów oraz intensyfikacja wydobywania), do wód złoŹowych przedostają się: substancje ropopochodne, metale ciężkie, sole nieorganiczne, związki powierzchniowo czynne, polimery, a także inne związki chemiczne występujące

w płuczkach wiertniczych oraz cieczach zabiegowych [1]. Wszystkie te składniki mają negatywny wpływ na środowisko gruntowo-wodne, a gromadzone w dołach urobkowych lub przypadkowo rozlane na powierzchni kopalni mogą wnikać do wód podziemnych. Ulegając wymywaniu ze środowiska glebowo-gruntowego, mogą one migrować, wskutek przesiąkania wód przez to środowisko. Skala zagrożenia skażeniem zależy w głównej mierze od stężenia tych składników oraz wrażliwości poszczególnych elementów środowiska. W przypadkach nawiercania wód złożowych, w fazie wiercenia otworu, mogą one przedostawać się one do płuczki wiertniczej i trafiać do dołu urobkowego, a w fazie prób lub awarii wiertniczych mogą mieć bezpośredni kontakt ze środowiskiem gruntowo-wodnym [1, 2]. Największe zagrożenie awaryjne występuje podczas niekontrolowanej erupcji nagazowanej wody złożowej o dużej mineralizacji [2]. Woda złożowa wyrzucana wraz z gazem ziemnym z odwiertu powoduje skażenia środowiska w wyniku rozlania się jej na powierzchni terenu, zwykle znacznie większej od powierzchni strefy wiertni lub kopalni (od kilku do kilkunastu hektarów). W wyniku takiego zdarzenia następuje zniszczenie szaty roślinnej na znacznym obszarze oraz skażenie wód powierzchniowych szkodliwymi substancjami pochodzącymi z płuczki wiertniczej, cieczy zabiegowych oraz wody złożowej.

W ubiegłym wieku, w przypadkach dużego nagromadzenia się wody złożowej lub piasku w wydobywczych odwiertach gazowych (spowodowanych np. dużym wykładnikiem wodno-gazowym oraz zbyt dużym przeciwcisnieniem wywieranym przez słup płynu w odwiercie na złożę, a także odrywaniem się drobnych cząstek skały zbiornikowej) usuwano je metodą tzw. syfonowania odwiertu. Zabieg ten polegał na odpuszczaniu w atmosferę gazu ziemnego bez dławienia na wylocie odwiertu (na wolny wypływ). W wyniku takiego zabiegu strumień wypływającego gazu ziemnego, osiągając dużą prędkość, porywał cząsteczki wody, piasku oraz innych zanieczyszczeń ze spodu odwiertu i wynosił je na powierzchnię, często rozpylając je w powietrzu. Rozpylona w gazie ziemnym woda złożowa mogła być przenoszona w takich przypadkach, w zależności od siły i kierunku wiatru, na odległość od kilku do kilkunastu kilometrów od odwiertu. W tego typu rozpylonej wodzie złożowej oprócz soli występują często składniki płuczki wiertniczej nagromadzone w skałach zbiornikowych podczas dowiercania złoża. Przedstawiony zabieg technologiczny stanowi duże zagrożenie dla środowiska naturalnego.

Związki soli w glebie powodują zmniejszenie możliwości pobierania wody przez rośliny z powodu zakłócenia ciśnienia osmotycznego. Szkodliwy wpływ wód złożowych na środowisko naturalne wyraża się także możliwością powstawania deficytu tlenowego. Największym i najpowszechniejszym obciążeniem dla środowiska gruntowo-wodnego są jednak rozpuszczone sole chlorkowe w wodach złożowych lub płuczce wiertniczej, nieprzyswajalne przez środowisko przyrodnicze [5, 7].

5. PODSUMOWANIE

Wody złożowe o znacznym stopniu mineralizacji mogą stanowić duże zagrożenie dla środowiska gruntowo-wodnego w następujących przypadkach technologicznych:

- wynoszenia wody złożowej na powierzchnię przez płuczkę wiertniczą podczas wierceń naftowych i składowania jej w dołach urobkowych;

- dopływu wody złożowej do rurowego próbnika złoża podczas opróbowania warstw perspektywicznych oraz jej transportu w miejsce składowania;
- erupcji wody złożowej w fazie rozwiniętej, często nagazowanej gazem palnym i jej rozlewanie się na powierzchni terenu;
- wydobywania wody złożowej podczas eksploatacji złóż węglowodorów i powrotnego jej zatłaczania do złoża, względnie jej podziemnego składowania w warstwach chłonnych.

Na podstawie analizy wyników opróbowień skał zbiornikowych miocenu autochtonicznego południowej strefy zapadliska przedkarpackiego stwierdzono, że woda złożowa przyptywająca do rurowego próbnika złoża wraz z gazem ziemnym i niekiedy z płuczką wiertniczą zawiera znaczne ilości chlorku sodu (od małych wartości – ok. 10 g/l do dużych wartości wynoszących ok. 260 g/l). Wyznaczone na podstawie analizy 41 wyników opróbowień, w postaci zawartości NaCl w płynie próbnikowym, równanie regresji liniowej umożliwia prognozowanie zawartości NaCl w wodach złożowych miocenu tej strefy, w zakresie głębokości zalegania skał zbiornikowych od 270 do 1983 m.

W strefie NE zapadliska przedkarpackiego wody złożowe miocenu autochtonicznego posiadają zmniejszoną mineralizację, średnio 48,7 g/l, i tym samym mniejszą zawartość chlorków, z wyjątkiem horyzontów gazonośnych (mineralizacja: 60–129,4 g/l), w porównaniu do strefy południowej zapadliska. Genetycznie są to wody morskie pochodzące ze spływającego i wysłdzającego się stopniowo, w czasie sarmatu dolnego, basenu sedymentacyjnego zapadliska przedkarpackiego. Wody te uległy później procesowi rozcieńczenia i/lub mieszania się z wodami infiltracyjnymi, z wyjątkiem stref akumulacji gazu ziemnego, jako stref izolowanych.

Zawartość soli, głównie chlorkowych, w wodach złożowych może szkodzić środowisku gruntowo-wodnemu głównie w wyniku:

- zmniejszenia możliwości pobierania wody przez rośliny z powodu zakłócenia ciśnienia osmotycznego;
- powstania w tym środowisku deficytu tlenowego.

Wody złożowe występujące w dwóch analizowanych strefach zapadliska przedkarpackiego mogą, w przypadkach awarii wiertniczych, a zwłaszcza podczas otwartych erupcji płynów złożowych lub innych nieprawidłowo prowadzonych zabiegach technologicznych, stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego, przy czym mniejsza mineralizacja wód w strefie NE zapadliska obniża relatywnie negatywne oddziaływanie soli chlorkowych na środowisko gruntowo-wodne.

LITERATURA

- [1] Dubiel S., Chrząszcz W., Ziaja J.: *Metody inżynierii otworowej w świetle ochrony środowiska przyrodniczego*, „Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia” 1992, nr 5.

- [2] Dubiel S., Macuda J., Jamrozik A.: *Ocena wpływu technologii stosowanych w wiertnictwie naftowym na środowisko gruntowo-wodne*, „Wiertnictwo Nafta Gaz” (rocznik AGH) 2003, t. 20, z. 2.
- [3] Dubiel S. i in.: *Analiza i interpretacja wyników opróbowań rurowymi próbnikami złoży warstw perspektywicznych w obszarze przedgórze Karpat i w Karpatach*, praca niepublikowana, Wydział WNiG AGH, Kraków lata 1993–1998.
- [4] Falkowicz S., Dubiel S.: *Szacowanie przyływu wody złożowej w odwiertach gazowych*, „Nafta Gaz” 2005, nr 2.
- [5] Macuda J., Nagy S., Zawisza L.: *Prognozowanie wpływu odpadów wiertniczych deponowanych w zbiorowym dole urobkowym na wody podziemne*, Materiały Konferencyjne X Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Nowe metody i technologie w geologii naftowej, wiertnictwie, eksploatacji otworowej i gazownictwie”, t. 1, WVNIG – AGH, Kraków 1999.
- [6] Rittenhouse G.: *Bromine in oil-field waters and its use in determining possibilities of origin of these waters*, AAPG Bull. 1967, vol. 51, no. 12, s. 2430–2440.
- [7] Surygala J.: *Zanieczyszczenia naftowe w gruncie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [8] Steliga T., Krasinska A., Kusina E.: *Ekologiczna ocena płynów stosowanych w zabiegach intensyfikacyjnych oraz odpadów pozabiegowych*, „Nafta Gaz” 1997, nr 12.
- [9] Zubrzycki A.: *Mioceńskie wody formacyjne strefy złoża gazu ziemnego „Przemysł” (SE część zapadliska przedkarpackiego) – wstępna interpretacja ich genezy i ewolucji*, „Wiertnictwo, Nafta, Gaz” (rocznik AGH) 2004, t. 21/4, s. 493–503.
- [10] Zubrzycki A.: *Bromine content in formation waters as their origin factor – examples from Triassic clastic reservoirs in NW Pomerania, Poland*, „Wiertnictwo Nafta Gaz” (rocznik AGH) 2000, t. 17, s. 207–215.