

## CHARAKTERYSTYKA CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH JAKO POŚREDNI WSKAŹNIK PROGNOZ ROPO-GAZONOŚNOŚCI

UKD 556.314:553.752]:553.981/.982.041

Charakterystykę składu chemicznego wód podziemnych powszechnie uważa się za jeden z pośrednich wskaźników prognoz ropo-gazonośnych. Na podstawie składu chemicznego wód, wypełniających poziomy zbiornikowe, można wydzielić różne strefy, mniej lub bardziej ważne pod względem zachowania się złóż węglowodorów. Najkorzystniejsze pod tym względem warunki panują w tych częściach basenu artezyjskiego, które są najlepiej odizolowane od strefy wymiany wód.

Do podziału wód paleozoiku i mezozoiku na Niżu Polskim stosuje się klasyfikację W. A. Sulina (6) z modyfikacją L. Bojarskiego (1). Zastosowanie kla-

syfikacji W. A. Sulina umożliwiło przedstawienie zmienności składu chemicznego wód w nawiązaniu do ich genezy oraz przemian chemicznych zachodzących w wodach, w czasie długotrwałych procesów geologicznych. Główną zaletą omawianej klasyfikacji jest jej przejrzystość i możliwość wykazania zmienności hydrochemicznej. Na podstawie tej zmienności można wydzielić strefy charakterystyczne dla różnego typu basenów artezyjskich.

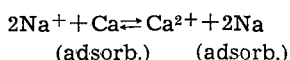
Klasyfikacja W. A. Sulina, oprócz tak istotnych zalet, ma także i wady, jak: niemożność wyrażenia w stosowanych przez niego modułach składu chemicznego wody, określenie formalnych granic pomie-

dzy poszczególnymi typami wód oraz, co najważniejsze — brak dostatecznego zróżnicowania w dolnej strefie hydrochemicznej.

Niedostateczne zróżnicowanie wód w tej dolnej strefie skłoniło autora do dokonania pewnej modyfikacji polegającej na podziale wód chlorkowo-wapniowych na 5 klas. Zmodyfikowaną klasyfikację W. A. Sulina stosuje się w Instytucie Geologicznym w regionalnych opracowaniach hydrogeologicznych, dotyczących prognoz ropy-gazonośnych, aczkolwiek odzwierciedlają się i głosy krytyczne: J. Pałysa (5), J. Dowgiałły (4), T. Dąbrowskiego (3). W ostatnich latach klasyfikacja ta znalazła zastosowanie także w NRD i w CSRS. Wykorzystuje się ją dla wyznaczenia, z tego punktu widzenia optymalnych stref dla poszukiwań naftowych.

Doświadczenia, wynikające z badań kilku tysięcy próbek wód podziemnych skłoniły autora do dokonania dalszej modyfikacji klasyfikacji W. A. Sulina. Istota sprawy polega na tym, że podstawą klasyfikacji i jej modyfikacji są procesy wymiany jonowej między wodą a środowiskiem skalnym. Jest to proces ukierunkowany, zachodzący wyraźnie dopiero w wodach zmineralizowanych i w solankach. Skomplikowany w swym mechanizmie proces polega na tym, że kationy obecne w wodzie adsorbowane są przez cząstki mineralne skał. Zebrane z wody jony zostają zastąpione przez jony wyzwalające się z cząstek mineralnych skały. Reakcja wymiany jonowej przebiega w ilościach równoważnikowych, podlega prawu działania mas i przeważnie jest odwracalna.

Wśród wielu czynników wpływających na wymianę jonową ważna jest koncentracja kationów w wodzie i odpowiednich soli w skałach. Wraz ze zwiększeniem koncentracji wzrasta zdolność wymienna. W wodach o niskiej mineralizacji, na ogół poniżej 10 g/l proces ten nie odgrywa większej roli — należą tu wody typu wodorowęglanowo-sodowego. Proces wymiany jonów rozpoczyna się przy średnich mineralizacjach wód (na ogół od 10–30 g/l) i zaznacza się występowaniem wód siarczanowo-sodowych, które z kolei przechodzą w wody chlorkowo-magnezowe. Proces ten nabiera jednak dominującego znaczenia dopiero przy wyższym stopniu mineralizacji. Powstają wtedy wody chlorkowo-sodowo-wapniowe, które w celu podkreślenia roli procesów wymiany jonowej nazwano typem chlorkowo-wapniowym. Do kationów, osiągających w wodach podziemnych duże stężenie należą zwłaszcza sód i wapń. Z tego powodu dokonuje się na szeroka skalę wymiana tych kationów według reakcji:



W ten sposób sód jest wymieniony na wapń i odwrotnie, co dobrze obrazuje wartość wskaźnika  $\text{Na}^+ : \text{Cl}^-$ . Dzięki reakcji wymiany jonowej skład i typ chemiczny wód ulega zmianie (1).

Podstawą określenia warunków hydrochemicznych, panujących w basenach ropy- i gazonośnych jest więc klasyfikacja wód uwzględniająca w swoim założeniu procesy wymiany i przeobrażenia wód. Obrazuje ona strefowość wód podziemnych, wtórne procesy zachodzące w czasie geologicznym oraz stopień przemian chemicznych.

Podstawowymi strefami hydrochemicznymi według klasyfikacji W. A. Sulina są:

**A. Strefa górna wód podziemnych** typu wodorowęglanowo-sodowego ( $\text{HCO}_3\text{-Na}$ ) — charakteryzuje tę część basenu, gdzie występują wody słodkie i słabo zmineralizowane. Poziomy zbiornikowe w tej strefie są najczęściej pod wpływem wymiany wód i zasilania przez wody infiltracyjne. Typ wód określa się na podstawie stosunku:  $\frac{r\text{Na}-r\text{Cl}}{r\text{SO}_4} > 1$

**B. Strefa przejściowa** pomiędzy intensywną wymianą wód, a strefą dolną o utrudnionej wymianie wód. W tej części basenu rozpoczyna się i zaznacza, ale jeszcze w sposób niedostateczny proces metamorfizmu wód. Występują tu na ogół wody średnio zmineralizowane:

— typu siarczanowo-sodowego ( $\text{SO}_4\text{-Na}$ ) przy

$$\frac{r\text{Na}-r\text{Cl}}{r\text{SO}_4} < 1$$

— typu chlorkowo-magnezowego ( $\text{Cl-Mg}$ ) przy

$$\frac{r\text{Cl}-r\text{Na}}{r\text{Mg}} < 1$$

**C. Strefa dolna wód podziemnych** typu chlorkowo-sodowo-wapniowego jest strefą najbardziej odizolowaną od wpływu wód infiltracyjnych. W obrębie tego typu wód rozpoczyna się wyraźnie ukierunkowany proces wymiany jonowej, doprowadzający do znacznych przeobrażeń składu chemicznego wód. Występują tu wody na ogół o mineralizacji powyżej 10 g/l. W miarę koncentracji proces wymiany zachodzi coraz intensywniej. Typ wody określa się na

podstawie stosunku:  $\frac{r\text{Cl}-r\text{Na}}{r\text{Mg}} > 1$

Właściwie są to wody typu  $\text{Cl-Na-Ca}$ , ale — zgodnie z wyżej podanym modelem, z nazwy wody eliminuje się sód a pozostaje chlor i wapń ( $\text{Cl-Ca}$ ). Ze względu na zbyt małe zróżnicowanie tego typu wód w obrębie dolnej części basenu, autor podzielił wody chlorkowo-wapniowe na 5 głównych klas (2), obecnie nieco je zmodyfikował i wydzielił dodatkowo 2 klasy pomocnicze.

1. Klasa  $\text{Cl-Ca I}$  przy  $r\text{Na}^+ : r\text{Cl}^- > 0,85$  charakteryzuje strefę wód zmineralizowanych i solanek słabo stężonych o słabym stopniu przemian chemicznych. Przyczyną słabego stopnia metamorfizmu może tu być początek wymiany jonowej lub w związku z odwracalnością procesu wymiany, liczne procesy wtórne, jak np. mieszanie się wód infiltracyjnych z wodami reliktowymi.

2. Klasa  $\text{Cl-Ca Ia}$  przy  $r\text{Na}^+ : r\text{Cl}^- > 0,85$  reprezentuje strefę występowania solanek o charakterze ługów solnych o dużej zawartości  $\text{NaCl}$ . Są to na ogół solanki stężone lub bardzo silnie stężone o wysokim stosunku  $\text{Cl} : \text{Br} > 500$ , związane z ługowaniem soli kamiennych lub ascenzyjnym zasoleniem wód z podłoża.

3. Klasa  $\text{Cl-Ca II}$  przy  $r\text{Na}^+ : r\text{Cl}^- = 0,85-0,75$  strefa wód o słabym stopniu metamorfizmu.

4. Klasa  $\text{Cl-Ca III}$  przy  $r\text{Na}^+ : r\text{Cl}^- = 0,75-0,60$  strefa wód o dobrym stopniu metamorfizmu.

5. Klasa  $\text{Cl-Ca IV}$  przy  $r\text{Na}^+ : r\text{Cl}^- = 0,60-0,50$  strefa wód o wysokim stopniu metamorfizmu.

6. Klasa  $\text{Cl-Ca V}$  przy  $r\text{Na}^+ : r\text{Cl}^- = < 0,50$  strefa wód o bardzo wysokim stopniu metamorfizmu. Warunkiem wydzielenia ostatnich trzech klas jest stosunek  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ , świadczący o tym, że niski wskaźnik sodowo-chlorkowy związany jest z procesami metamorfizmu. Jeśli stosunek ten będzie obniżony przez wzrost jonu  $\text{Mg}^{2+}$  znaczy to, że zachodzą będą procesy ługowania soli potasowo-magnezowych.

7. Klasa  $\text{Cl-Mg Va}$  przy  $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- = 0,50$ ,  $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$  i wysokiej mineralizacji — solanki o charakterze ługów solnych o dużej zawartości  $\text{MgCl}_2$ .

Na podstawie przedstawionej klasyfikacji można tylko w sposób ogólny określić warunki dla zachowania się złóż węglowodorów — niezwykle trudno jest ustalić strefy perspektywiczne. Proces metamorfizmu zachodzi bowiem niejednokrotnie w różnowiekowych poziomach stratygraficznych, jest on odwracalny, a wody ulegają wtórnym procesom rozcieńczenia i wzbogacania. Jeśli jednak mamy jeden poziom stratygraficzny, w którym następuje zmienność hydrochemiczna, to można wydzielić tam taką strefę, w której wody są najbardziej odizolowane, a więc występują w warunkach sprzyjających procesowi metamorfizmu. Wody  $\text{HCO}_3\text{-Na}$ ,  $\text{SO}_4\text{-Na}$  i  $\text{Cl-Ca I}$  można zaliczyć do strefy basenu o niekorzystnych warunkach dla zachowania się złóż węglowodorów. Wody typu  $\text{Cl-Ca II-V}$  określają raczej dobre warunki dla zachowania się złóż ropy i gazu. Wody o charakterze ługów solnych mogą wskazywać na istnienie silnie zaawansowanej tektoniki oraz możliwości występowania małych złóż ropy i gazu spotykanych najczęściej w przyskokowych zamknięciach złożowych związanych ze szczelinowatością skał.

Z dokonanej na tej podstawie charakterystyki wód podziemnych wynika:

1. W strefach wód Cl-Ca V i IV o wysokim stopniu metamorfizmu w basenach o spokojnym ułożeniu warstw i braku tektoniki salinarnej, złoża węglowodorów mogą rozprzestrzeniać się na dużych powierzchniach strukturalnych.

2. W strefach wód Cl-Ca V i IV, Cl-Ca Ia, Cl-Ca Va — występowanie wód reliktowych w sąsiedztwie wód o charakterze ługów solnych świadczy o istnieniu licznych spekań, które są drogami krążenia wód i wtórnej migracji ropy i gazu. Warunki takie stwierdzono głównie na monoklinie przedsudeckiej. Wskazują one na możliwość istnienia złóż o ograniczonym rozprzestrzenieniu.

Na zakończenie należy podkreślić, że charakterystyka hydrochemiczna wód podziemnych dokonywana według zmodyfikowanej klasyfikacji W. A. Sulina jest wprawdzie ważnym pośrednim wskaźnikiem dla prognozowania ropo-gazonośności, nie wyczerpuje jednak sprawy przydatności badań hydrogeologicznych w poszukiwaniach naftowych. Jednocześnie szczególną uwagę należy zwrócić na rozwój badań wód pod kątem pierwiastków biofilnych, pierwiastków śladowych, izotopów, gazów rozpuszczonych w wodach itp. Ważnym zagadnieniem pod kątem prognoz ropo-gazonośności są także obserwacje, pomiary

i opracowania z dziedziny hydrodynamiki wód. Każdy z wymienionych tu problemów zasługuje na szersze omówienie.

## LITERATURA

1. Bars E. A. — Gidrogieochimiczeskije issledowanija pri poiskach niefti i gaza i nowyje gidrochimiczeskije pokazateli nieftiegazonosnosti. VII Międz. Konf. Geochem. Mat. Konf. Budapeszt, 1973.
2. Bojarski L. — Zastosowanie klasyfikacji hydrochemicznej przy poszukiwaniach naftowych. Prz. geol., 1969, nr 3.
3. Dąbrowski T. — Podsumowanie różnych metod badań hydrogeologicznych oraz ocena ich przydatności dla wyznaczenia optymalnych stref do poszukiwań naftowych na monoklinie przedsudeckiej.
4. Dowgiałło J. — Studium genezy wód zmineralizowanych Polski północnej. Biul. geol. UW, 1971, t. 13.
5. Pały J. — Uwagi o zastosowaniu hydrochemii w poszukiwaniach naftowych. Prz. geol., 1970, nr 5.
6. Sulin W. A. — Wody nieftianych miastoroźdienij w sistiemie prirodnych wod. Gostoptiechizdat. Moskwa — Leningrad, 1946.

## SUMMARY

A detailed analysis of new data concerning the hydrochemistry of the Paleozoic and Mesozoic made necessary a further modification of the classification proposed by the author in 1969. This classification enables presentation of variability in chemical composition of waters with regard to their genesis and chemical alterations developing in the course of long-term geological processes. The new modification takes into account mineralization within the scheme of the subdivision of waters of lower hydrochemical zone according to their chemical composition. Moreover, two additional classes are introduced for brines genetically related to lye from lower zone of artesian basin with limited water exchange.

## РЕЗЮМЕ

В итоге детального анализа новейших гидрохимических данных по палеозою и мезозою возникла необходимость дальнейшей модификации классификации, составленной автором в 1969 г. Новая классификация отражает изменения химического состава вод с учетом их генезиса и последующих химических изменений во время длительных геологических процессов. Кроме того, в классификации хлоридно-кальциевых вод по химическому составу в нижней гидрохимической зоне дополнительно учитывается степень минерализации вод. В нижней зоне артезианского бассейна с замедленным водообменом определяются два дополнительных класса, вмещающие соляные растворы, генетически связанные с соляными щелоками.