

UWAGI O ZASTOSOWANIU HYDROCHEMII W POSZUKIWANIACH NAFTOWYCH

UKD 550.84:551.491.4:553.98(438)

W ostatnich latach zauważa się szybki rozwój nieznaney do niedawna dziedziny wiedzy hydrogeologicznej — hydrochemii. Szczególnie szybki postęp pod tym względem obserwuje się w ZSRR, gdzie zagadnienia hydrochemiczne wykorzystuje się na dość dużą skalę w różnych badaniach geologicznych, zwłaszcza przy wszelkiego rodzaju poszukiwaniach złóż ropy i gazu, kruszców oraz innych surowców. Jak w każdej nowej nauce o niedługich tradycjach rozwojowych brak jeszcze w wielu problemach ugruntowanych poglądów, czego wyrazem jest m. in. duża ich różnorodność i dyskusyjność. W polskiej literaturze geologicznej wspomniane problemy są jeszcze słabo znane i mało powszechne.

Ostatnio w „Przeglądzie Geologicznym” (1969, nr 3) ukazał się artykuł L. Bojarskiego o zastosowaniu klasyfikacji hydrochemicznej przy poszukiwaniach

naftowych. Słusznie autor w nim stwierdza, że przydatność metod hydrochemicznych w poszukiwaniach naftowych może być duża, chociaż należałoby dodać, że nie należy ich przeceniać pod warunkiem ich właściwego zastosowania. Zgodzić należy się również z tym, że zastosowanie tych metod w poszukiwaniach w Polsce jest niewystarczające. Wynika to z dość dużego opóźnienia badań hydrochemicznych w naszym kraju w stosunku, np. do ZSRR. Dlatego też popularyzację tych zagadnień w naszej praktyce geologicznej uznać trzeba za sprawę bardzo ważną, pod tym jednak warunkiem, że odpowiada ona poziomowi osiągniętemu w innych, bardziej pod tym względem rozwiniętych krajach.

Warunku tego nie spełnia niestety wspomniana wyżej praca, poświęcona zastosowaniu klasyfikacji hydrochemicznej w poszukiwaniach naftowych w

Polsce. Nie jest celem artykułu szczegółowe omawianie wszystkich budzących wątpliwości stwierdzeń i sprzeczności, jakie się tu znajdują, lecz ustosunkowanie się do najważniejszych poruszonych tu problemów. W zaproponowanej w wymienionym artykule klasyfikacji wydziela się za Sulinem (12) 4 typy chemiczne wód podziemnych: $\text{HCO}_3\text{-Na}$, $\text{SO}_4\text{-Na}$, Cl-Mg i Cl-Ca , przy czym w tym ostatnim typie autor na podstawie różnej wielkości stosunku $r\text{Na}/r\text{Cl}$ wydziela pięć klas hydrochemicznych. Każdemu z wydzielonych typów i każdej klasie przypisuje nie tylko odpowiednie znaczenie hydrodynamiczne, ale również określoną perspektywiczność w poszukiwaniach naftowych.

Wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ i $\text{SO}_4\text{-Na}$, zajmujące najczęściej górne partie profilu hydrochemicznego basenu artezyjskiego, mają przedstawiać jednocześnie pierwszą strefę hydrodynamiczną — strefę intensywnej wymiany wód podziemnych z powierzchniowymi. Typ Cl-Mg ma pod względem hydrochemicznym wskazywać na strefę przejściową do strefy wód stagnujących, charakteryzujących się typem Cl-Ca . Pierwsze 3 typy chemiczne wód, jak również w ostatnim typie 2 pierwsze klasy hydrochemiczne, charakteryzujące się wskaźnikiem $r\text{Na}/r\text{Cl} > 0,75$, i gazu. Jedynie tylko 3 dalsze klasy wód o wielkości stosunku $r\text{Na}/r\text{Cl} < 0,75$ mają wskazywać na perspektywiczność dla poszukiwań naftowych.

W przedstawnym powyżej schemacie klasyfikacyjnym budzą wątpliwości dwie sprawy: mechaniczne łączenie wyróżnionych stref hydrochemicznych ze strefami hydrodynamicznymi oraz automatyczne przypisywanie każdej z wydzielonych stref odpowiedniej perspektywiczności w poszukiwaniach za złożami ropy i gazu.

Zagadnienie pierwsze jest dokładnym powtórzeniem poglądu W. Sulina (12), który utożsamiał strefowość hydrochemiczną z hydrodynamiczną. Pogląd ten reprezentowany jeszcze przez szereg innych autorów radzieckich nie ma żadnego uzasadnienia i wynikał wiaściwie z nieporozumienia; był on do pewnego stopnia aktualny dla pierwszego, wstępnego etapu rozwoju omawianych zagadnień. Obecnie jest wiadome, że nie ma hydrochemicznych kryteriów dla wydzielenia stref hydrodynamicznych, a kryteria hydrodynamiczne, jak dotychczas, nie zostały jeszcze ustalone. Bliższe omówienie tej sprawy znaleźć można w pracy A. Karcewa (4), jak również w różnym stopniu w pracach J. Pałysa (7, 8, 10).

Na samym wstępie należy powiedzieć, że wszystkie wydzielone strefy hydrochemiczne znajdować się mogą we wszystkich strefach hydrodynamicznych. W strefie krążenia wód możemy napotkać zarówno wody wodorowęglanowe, siarczanowe, jak i chlorkowe zależnie od składu litologicznego skał, w których się one poruszają (w zależności od tego, czy w składzie tych skał występować będą węglany, siarczany lub ewaporaty wyższych rzędów). Wody wodorowęglanowe lub siarczanowe zmieniają często swój skład kationowy wskutek wymiany kationowej z wapniowego i magnezowego na sodowy (w przypadku gdy w skałach znajdują się odpowiednie permutyty, np. skały ilaste). W ten sposób tworzą się 2 pierwsze typy wód Sulina $\text{HCO}_3\text{-Na}$ i $\text{SO}_4\text{-Na}$. Wody chlorkowe tej strefy mają często jednak stosunek $r\text{Na}/r\text{Cl} \cong 1$ (1). W strefie krążenia, jak wiadomo, duże znaczenie mają procesy ługowania skał.

W trzeciej strefie hydrodynamicznej, której głębokość występowania możliwa jest do określenia tylko orientacyjnie i pośrednio, znajdować się mogą również wymienione wyżej 3 grupy chemiczne wód: wodorowęglanowe, rzadziej siarczanowe oraz chlorkowe. Głównie jednak występują tu ostatnie z wymienionych wód, które wzbogacone są przeważnie dość znacznie w jony ziem alkalicznych, co wyraża się niskim współczynnikiem $r\text{Na}/r\text{Cl}$. W omawianej strefie hydrodynamicznej, jak wspomniano, występować mogą również wody wodorowęglanowe i siarczanowe, w których wśród kationów przeważa zdecydowanie sód. Jaka jest przyczyna występowania tych

ostatnich typów wód w warunkach stagnujących a więc z reguły na większych głębokościach?

Wody o takim składzie chemicznym, znajdujące się w warunkach, w których stwierdza się obecnie brak łączności z wodami powierzchniowymi, pochodzą z infiltracji wód słodkich w utwory skalne, zachodzącej w przeszłości geologicznej. Wody te wysłodziły znajdujące się wcześniej w warstwach wodonośnych wody sione o różnej genezie, a więc zarówno sedimentacyjne (reliktowe), jak i powstałe w wyniku paleoinfiltracji wód słonych w okresach geologicznych, w czasie których istniały ku temu sprzyjające warunki.

Występujące w przeszłości geologicznej wody infiltracyjne miały pierwotnie skład chemiczny zbliżony do wód powierzchniowych, który później, w zależności od składu litologicznego skał, stawał się wodorowęglanowy, siarczanowy lub chlorkowy. W wyniku wówczas przebiegającej wymiany kationowej i ewentualnie innych procesów (jak redukcja siarczanów, wytrącanie trudno rozpuszczalnych soli i in.) wody te przeobrażały się tworząc typy wód z metamorfizowanymi: $\text{HCO}_3\text{-Na}$, $\text{SO}_4\text{-Na}$ (w przypadku braku redukcji siarczanów) i Cl-Na-Ca . Fakt, że wody $\text{HCO}_3\text{-Na}$ lub $\text{SO}_4\text{-Na}$ (czasami z pewną zawartością chlorków) występują obecnie poza strefą wodowymiany świadczy o tym, że od czasów utworzenia się tych infiltracyjnych wód obszar ich występowania obniżył się, w wyniku czego znalazły się one obecnie na większych głębokościach.

Przykładów tego rodzaju rozmieszczenia wód jest bardzo wiele. We wschodniej części Górnej Śląska, w granicach występowania karbonu górnego, wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ o niskiej mineralizacji sięgają do głębokości ok. 700 m (7, 9). Tak głęboko sięgające wysłodzenie musiało tu nastąpić głównie po tortonie, kiedy miało miejsce dość duże zróżnicowanie wysokości powierzchni, w związku z powstaniem na S zapadliska przedkarpackiego, czemu na N towarzyszyło tworzenie się wypiętrzeń powierzchni. Sprzyjało to głębokiemu usunięciu przez wody słodkie słonych wód znajdujących się w karbonie.

Drugi przykład może stanowić NE część Polski, głównie w granicach Platformy Wschodnioeuropejskiej, gdzie często do głębokości przekraczających 1000 m występują wody o niskiej mineralizacji typu: $\text{HCO}_3\text{-Na}$, rzadziej $\text{SO}_4\text{-Na}$, czasami z podwyższoną zawartością chlorków. Wysłodzenie słonych wód o różnej genezie w występujących tu utworach, jak wykazały ostatnio przeprowadzone badania, jest pokrebowe (6). W obu wymienionych przypadkach trudno przyjąć, aby do cytowanych głębokości mogła sięgać współczesna wymiana wód podziemnych z powierzchniowymi. W każdym razie nie wskazują na to obecne różnice wysokości powierzchni.

Do wysłodzonych wód powstałych na pewnym etapie historii geologicznej, które w okresie późniejszym mogły zostać izolowane od powierzchni młodszymi nieprzepuszczalnymi osadami, mogły migrować węglowodory, tworząc, o ile skały miały dobre własności kolektorskie, złoża ropy i gazu. Z powyższego wynika, że wody towarzyszące złożom ropy i gazu mogą mieć również skład: $\text{HCO}_3\text{-Na}$, $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$ z pewną nawet domieszką siarczanów, a nie tylko Cl-Na-Ca o niskim współczynniku $r\text{Na}/r\text{Cl}$. O wodach takich donoszą W. Sulin (12), H. Schoeller (11) z wielu różnych obszarów roponośnych. Wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ o niskiej mineralizacji, z dość dużą ilością wolnego CO_2 i objawami bituminów, stwierdzono również otworem Instytutu Geologicznego w rejonie Słomnik (inf. ustna od S. Kotlickiego).

W świetle powyższych uwag staje się widoczne, że schematowi klasyfikacji chemicznej wód towarzyszących złożom ropy i gazu L. Bojarskiego (2, 3) brak jest teoretycznych podstaw. Schemat ten nie ma i nie może mieć powszechnego zastosowania, może on stanowić jedynie schemat oparty na materiale empirycznym uzyskanym z kilku otworów w ściśle określonym obszarze. Dla tego też obszaru może on dawać pewną ograniczoną pomoc w poszukiwaniach

naftowych, po odrzuceniu jednak całego uzasadnienia „teoretycznego”. Nie słuszne jest bowiem stwierdzenie, że wszystkie typy i klasy wód charakteryzujące się współczynnikiem $r_{Na/rCl} > 0,75$ znajdują się w strefie aktywnej wymiany wód podziemnych z powierzchniowymi. O tym, czy wody te znajdują się w tej strefie dowiedzieć się można z całokształtu hydrogeologicznej analizy rejonu, w tym również paleohydrogeologicznej, przy przeprowadzaniu której dane hydrochemiczne mają bardzo ważne znaczenie, aczkolwiek nie wyłączne.

Drugą istotną sprawą, budzącą wątpliwość jest przypisywanie każdej z wydzielonych w obrębie wód typu Cl-Ca klas hydrochemicznych odpowiedniej perspektywności w poszukiwaniach naftowych. Jest to nieporozumienie. Jeśliby nawet pominąć wcześniejsze uwagi o braku podstaw do utożsamiania stref hydrochemicznych z hydrodynamicznymi, to przedstawiony schemat charakteryzowałby tylko stopień hydrogeologicznego zakrycia obszaru, co nie jest jeszcze jednoznaczne z jego perspektywicznością. Nawet w przypadku ustalenia dużego lub całkowitego stopnia hydrogeologicznego zakrycia obszaru, co na drodze hydrochemicznej nie zawsze da się jednoznacznie zrobić, nie koniecznie musi on być obiecujący dla poszukiwań. Na perspektywiczność oprócz izolacji wód podziemnych z powierzchni, o różnym jak wiadomo składzie chemicznym, składa się jeszcze cały zespół czynników geologicznych prowadzących do powstania złóż bituminów, począwszy od ich źródła przez migrację do możliwości ich akumulacji. Hydrogeologiczne zakrycie obszaru, rozpatrywane również w czasie geologicznym, jest czynnikiem bardzo ważnym, ale tylko jednym z nich; chroni bowiem tylko istniejące już złoża przed zniszczeniem.

Przykładem obszaru całkowicie zakrytego pod względem hydrogeologicznym jest znaczna część Górnego Śląska w obrębie występowania warstw karbonu. W utworach tych występują wody typu Cl-Na-Ca o stężeniu dochodzącym do ponad 150 g/l i stosunku $r_{Na/rCl}$, spadającym czasami znacznie poniżej jedności. O kompletnej izolacji tych wód od powierzchni w niektórych rejonach, mimo czasami względnie wysokiej wartości współczynnika $r_{Na/rCl}$, świadczy fakt, że znajdujące się tu wyrobiska górnicze na początku ich istnienia były zawadnione, zostają po pewnym czasie osuszone, gdy zostają szcerpane statyczne i nie odnawialne masy wód słonych z górotworem (7). Ponadto, mimo czasami dobrych własności kolektorskich skał karbonu brak tu złóż ropy. Nie dotyczy to oczywiście nierozpoznanego jeszcze podłoża utworów karbonu. Prawdopodobieństwo występowania złóż ropy i gazu w obszarach zakrytych oczywiście istnieje i wzrasta w miarę czasu trwania tego zakrycia w historii geologicznej danego obszaru.

Dodatkowymi sprawami wymagającymi wyjaśnienia jest fakt, czy wzrost występowania bromu i jodu w wodach podziemnych musi wskazywać na występowanie bituminów? Odpowiedź brzmi: może, ale nie koniecznie musi. Oba pierwiastki są biofilne i mogą znajdować się w podwyższonych ilościach w bituminach, skąd przejść mogą do wód. Jest to tylko jedna z możliwości mogąca doprowadzić do pewnego wzbogacenia wód w jony Br^- i J^- . Ten ostatni jon koncentrowany jest również w szczątkach organicznych, przeważnie morskich, skąd przechodzić może z osadów do wód, wzbogacając je niezależnie od bituminów. Szczególne znaczenie według H. Schoellera (11) we wzbogaceniu wód w jod ma niski stopień klasyczności osadów. W związku z powyższym złoża ropy i gazu występować mogą w wodach słonych o niskim, jak i dużym stężeniu jodków. Liczne przykłady tego podaje m. in. W. Sulin (12).

Co się tyczy bromu, to, mimo że jest on pierwiastkiem również biofilnym, jego rola hydrogeochemiczna jest inna niż jodu i zbliżona jest do chlorków. W związku z czym pochodzenie bromu w wodach podziemnych jest podobne do jonu Cl^- , a więc również bardzo różne i nadal dyskusyjne. Koncentracja bromu w słonych wodach podziemnych różnie z za-

wartością chlorków. Stąd też bezwzględna ilość bromków, których koncentracja dochodzić może do kilku g/l nie mówi nic o możliwości występowania bituminów. Dotyczy to w zasadzie również stosunku Cl/Br , któremu niektórzy autorzy starają się nadać znaczenie genetyczne (ostatnio jednak coraz mniej). W nielicznych jedynie przypadkach może dojść do pewnego wzbogacenia wód słonych w brom pochodzenia biogenicznego, w tym również z bituminów, wtedy też może nastąpić dość znaczne obniżenie stosunku Cl/Br , poniżej 100. Uniwersalnych zależności jednak brak, wszelkie różnice tego stosunku rozpatrywać należy tylko w ramach jednego zbiornika wód podziemnych lub obszaru.

Jakie istnieją szanse na występowanie i zachowanie złóż ropy i gazu na Niziu Polskim w świetle istniejących danych hydrochemicznych? Ostatnio wykonana została (6) bardzo ogólna rejonizacja hydrochemiczna tego obszaru. Wynika z niej, ogólnie rzecz biorąc, że w miarę przesuwania się z NE na SW oraz z SE na NW występuje podnoszenie poszczególnych stref hydrochemicznych. Wody o wyższej mineralizacji i typach charakterystycznych dla warunków wglębnych najgłębiej znajdują się w NE części nizu, na obszarze Platformy Wschodnioeuropejskiej; w kierunku natomiast SE pojawiają się one coraz płycej. W części natomiast NW podchodzą tuż pod lub nawet na powierzchnię. Wstępują one tu ze znacznych głębokości, szczelinami większych uskoku lub innych dyslokacji. W skali makroregionalnej obszary te stanowią rejon o przewodzie drenażu wglębnych poziomów solankowych. Wynikające z przedstawionego obrazu hydrochemicznego wnioski hydrodynamiczne potwierdzają dane co do ciśnień hydrostatycznych stwierdzanych w otworach wiertniczych syneklizy perybałtyckiej. Według L. Bojarskiego (2, 3) powierzchnia piezometryczna ma tu pochylenie w kierunku zachodnim.

Głęboki pionowy zasięg strefy wód o niewysokiej mineralizacji w NE części Nizu Polskiego, którego nie można wytłumaczyć współczesnym krążeniem wód zmusza do przyjęcia, że wody te pochodzą z infiltracji wód słodkich, która rozpoczęła się już w okresie pokredowym. Dane paleogeograficzne wskazują również, że NW część nizu była najdłuższym obszarem tworzenia się osadów, który dostarczany był w naszych granicach na ogół z E i S. W tym też kierunku odbywał się powolny w skali geologicznej ruch wód podziemnych. Ogólnie rzecz biorąc, wschodnia część obszaru była głównie obszarem infiltracji, zachodnia natomiast rejonem drenażu przez ostatni dłuższy okres historii geologicznej. Tak jest również obecnie.

Z przedstawionej historii hydrogeologicznej omawianego obszaru wynika, że we wschodniej części nizu do znacznej głębokości nie mogły się zachować złoża ropy i gazu. O tym, że istniały one tam i uległy zniszczeniu może świadczyć występowanie łupków bitumicznych w utworach czwartorzędowych niektórych obszarów nizu, jakie utworzyły się tu z migrujących w tym czasie na powierzchnię bituminów (5). Przeważający natomiast w SW, a zwłaszcza w NW części nizu ruch wstępujący słonych wód wglębnych umożliwia również migrację bituminów w utwory występujące na mniejszych głębokościach.

Z przedstawionych w ujęciu historycznym danych hydrodynamicznych wynika, że w przypadku istnienia w profilu geologicznym SW, a zwłaszcza w NW części nizu, skał o odpowiednich własnościach kolektorskich oraz występowania tu odpowiednich struktur geologicznych, rejon ten należałoby uznać za najbardziej perspektywiczny dla poszukiwań ropy i gazu. Ze wszystkich bowiem rejonów hydrogeologicznych rejon drenażu wód wglębnych uznać należy za najbardziej sprzyjający dla akumulacji bituminów, w przypadku istnienia w głębi odpowiednich skał macierzystych oraz odpowiedniego zakrycia struktur geologicznych nieprzepuszczalnymi osadami izolującymi je przed wodami z powierzchni. Drenaż w takim rejonie może być „zogniskowany” wzdłuż pewnych dyslokacji regionalnych, może być rozproszony

lub też ukryty pod osadami młodszymi. Względnie płytko występujące tu słone wody głębokie świadczą o istnieniu regionalnego obszaru drenażu, który przy spełnieniu wyżej wspomnianych warunków geologicznych może być najbardziej perspektywicznym w naszym kraju dla poszukiwań ropy i gazu.

L I T E R A T U R A

1. Bałaszow L. S. — O dwóch gienietycznych klasach solanych wód w osadocznym otłożeniach. Tr. łab. gidrogeol. problem. 1960, t. 30.
2. Bojarski L. — Zastosowanie klasyfikacji hydrochemicznej przy poszukiwaniach naftowych. Prz. geol. 1969, nr 3.
3. Bojarski L. — Warunki hydrodynamiczne w syneklizie perybałtyckiej. Ibidem, nr 4.
4. Karcew A. A. — Gidrogeologija nieftianych i gazowych miastorożdienii. Moskwa, 1963.
5. Łyczewska J. — Interglacialne łupki bitumiczne jako przejawy migracji bituminów. Roczn. Pol. Tow. Geol. 1966, t. 36, z. 4.

S U M M A R Y

The present paper reviews the possibilities of applying hydrochemical methods for oil explorations. On regional studies and hydrochemical data conclusions on the prospects for hydrocarbon occurrence in certain parts of the country have been drawn. The author refers to the paper by L. Bojarski published in "Przegląd Geologiczny" (1969) on applying the hydrochemical classification for oil purposes.

6. Paczyński B., Pałys J. — Geneza i warunki peleo hydrogeologiczne występowania wód zmineralizowanych Niżu Polskiego. Kwart. geol. 1969, nr 4.
7. Pałys J. — O genezie solanek w górnym karbonie na Górnym Śląsku. Roczn. Pol. Tow. Geol. 1966, t. 36, z. 2.
8. Pałys J. — Projekt układu kopalnianej dokumentacji hydrogeologicznej. Prz. górń. 1966, nr 7/8.
9. Pałys J. — Wody typu siarczanowo-sodowego i wodorowęglanowo-sodowego na Górnym Śląsku. Prz. geol. 1966, nr 5.
10. Pałys J. — Pochodzenie wód podziemnych i tworzenie się ich składu chemicznego. Ibidem. 1967, nr 1.
11. Schoeller H. — Géochimie des eaux souterraines, application aux eaux des gisements de pétrole. Paris, 1956.
12. Sulin W. — Wody nieftianych miastorożdienii w sistemie prirodných wod. Gostoptiechizdat, Moskwa, 1946.

Р Е З Ю М Е

В статье рассматривается возможность применения гидрохимии в поисках нефти. Формулируются выводы относительно степени перспективности некоторых районов страны, основанные на характерных чертах регионального строения и гидрохимических данных. Автор делает сноску на работу Л. Боярского (1970), посвященную гидрохимической классификации для целей нефтепоисковых работ.