

Aleksandra MACIOSZCZYK, Jarosław PICH, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI

Chemizm wód podziemnych w utworach trzeciorzędowych na obszarze Polski (bez Karpat)

WSTĘP

W 1968 r. Instytut Geologiczny rozpoczął prace nad Atlasem Hydrogeochemicznym Polski. W skład Atlasu wejdzie kilkanaście map w skali 1:2 000 000 (skala robocza 1:1 000 000), przedstawiających ogólną mineralizację i skład chemiczny wód występujących w utworach poszczególnych formacji geologicznych. Na mapach przedstawia się również zawartość niektórych mikroskładników oraz temperaturę wód termalnych, jak również ocenę możliwości wykorzystania wód. W latach 1969—1970 ukończone zostały mapy dotyczące wód w utworach miocenu, oligocenu, jury i triasu.

Autorzy niniejszego artykułu opracowali w 1970 r. dwie mapy wchodzące w skład wspomnianego Atlasu, na których przedstawiono chemizm wód w utworach miocenu i oligocenu. W pracach nad Atlasem mapy te odegrały istotną rolę metodyczną, gdyż pozwoliły sprecyzować kryteria, według których można przedstawiać kartograficznie wody słodkie (zwykłe).

Prace nad omawianymi mapami utrudniał brak jednolitego schematu stratygraficznego utworów trzeciorzędu. Dotyczy to przede wszystkim granic między pliocenem i mioceniem oraz oligocenem i eocenem, a na niektórych obszarach również granicy między mioceniem i oligocenem. W poszczególnych opracowaniach geologicznych, nawet najnowszych, różnie podawane są również zasięgi tych utworów. Z powyższych względów oligocen omówiony zostanie łącznie z eocenem.

W opracowaniu niniejszym omawiamy ogólną mineralizację i skład chemiczny wód występujących w utworach miocenu i oligocenu na obszarze Polski z wyłączeniem Karpat. Nieco uwagi poświęcamy również przyczynom powstawania anomalii hydrochemicznych w tych utworach oraz możliwościom wykorzystania wód.

Problematykę dotyczącą chemizmu wód w utworach miocenu niższego oraz anomalii hydrochemicznych opracowała A. Macioszczykowa, wody w miocenijskich utworach zapadliska przedkarpackiego były dome-

ną zainteresowań J. Picha, zaś wody w utworach oligocenu — Z. Płochniewskiego.

W niniejszym artykule wykorzystano prace opublikowane i archiwalne następujących autorów: B. Arenia, A. Macioszcykowej, J. Picha i S. Turka, Z. Płochniewskiego, E. Woźnego.

WODY W UTWORACH PLIOCENU

Utwory uważane za pliocenijskie, sedymentowane w śródlądowym, rozległym zbiorniku (kontaktującym się tylko lokalnie i okresowo z morzem otwartym¹, wykształcone są przeważnie jako zwarte lub plastyczne, bezwapienne pstry ily, zwane poznańskimi. W obrębie iłów znajdują się partie bardziej pylaste lub piaszczyste oraz wkładki piasków. Lokalnie, np. miejscami na Dolnym Śląsku, w całym kompleksie przeważają bądź to utwory piaszczyste, bądź też piaszczysto-pylaste.

Wody występujące w pliocenie przywiązane są do warstw piaszczystych. Jedynie lokalnie mogą one mieć znaczenie dla zaopatrzenia — np. w rejonie Szamotuł, Jarocina, Mińska Mazowieckiego czy ewentualnie okolic Chojnowa, gdzie stratygrafia trzeciorzędu jest niepewna. Z reguły są to wody o niskiej mineralizacji nie przekraczającej 1000 mg/l (najczęściej rzędu 300÷600 mg/l). W przypadku, gdy wody występują w izolowanych soczewkach piaszczystych wśród pstrych iłów, odznaczają się różnorodnym składem chemicznym w poszczególnych soczewkach. Na ogół są to wody typu $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ lub $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+} - \text{Na}^+$. Przeważnie obserwujemy przewagę jonów SO_4^{2-} nad Cl^- .

WODY W UTWORACH MIOCENU NIŻOWEGO

Miocen niżowy występuje na obszarze około 175 000 km², co stanowi 56% obszaru całej Polski. Reprezentowany jest on w zasadzie przez słodkowodne, śródlądowe osady klastyczne, a więc przez różnego rodzaju piaski, pyły i ily oraz przez węgle brunatne. Ze względu na warunki sedymentacji zmienność utworów miocenijskich jest bardzo duża. Miąższości tych utworów są bardzo zróżnicowane i wahają się od paru do ponad 300 m.

W obrębie warstw miocenijskich wody występują głównie w utworach piaszczystych oraz czasem w lignitach. Z reguły są to wody infiltracyjne podlegające procesom mniej lub bardziej intensywnej wymiany. Zasilanie miocenijskiego poziomu wodonośnego, z wyjątkiem nielicznych punktów, jest pośrednie — poprzez utwory czwartorzędowe. Wody występujące w utworach miocenijskich należą więc prawie wyłącznie do górnej strefy hydrochemicznej — do strefy hipergenezy. Są to więc przeważnie wody słodkie o mineralizacji najczęściej rzędu 200÷500 mg/l

¹ Inny pogląd na genezę utworów pliocenijskich reprezentuje S. Z. Różycki (1967). Autor ten obserwując zmienności sedymentacyjne dochodził do wniosku, że utwory te były raczej sedymentowane na obszarach bagnistych, okresowo wysychających, dokąd w czasie krótkotrwałych a intensywnych opadów znoszone były produkty wietrzenia z wyżej położonych terenów.

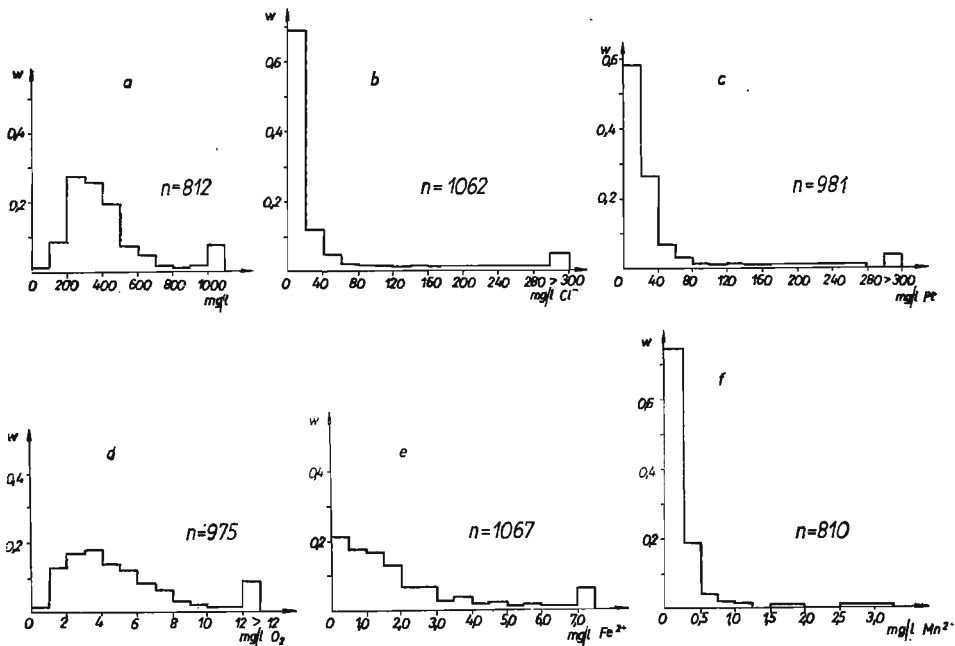


Fig. 1. Histogramy rozkładów wybranych elementów fizyczno-chemicznych wód podziemnych z utworów miocenijskich na Nizinie Polskiej

Distribution histograms of selected physical and chemical elements of ground water from the Miocene formation within the Polish Lowland area

a — mineralizacja; b — chlorki; c — barwa; d — utlenialność; e — żelazo; f — mangan
n — ilość oznaczeń; w — liczebność względna

a — mineralization; b — chlorides; c — colour; d — oxidability; e — iron f — manganese

n — amounts of determinations; w — relative number

(fig. 1). Załączony diagram kumulacyjny (fig. 2) podaje, że mineralizację nie przekraczającą 500 mg/l wykazuje około 80% wszystkich analiz tych wód².

Z załączonej mapy wynika jednak, że istnieje zróżnicowanie regionalne mineralizacji omawianych wód (fig. 3). Na tle hydrochemicznym, jakie stanowią wody o mineralizacji do 500 mg/l, wyraźnie wybijają się pewne rejony anomalne. Szczególnie wyraźnie zarysowany jest rejon położony na północny zachód od Koszalin, obszary w okolicach Inowrocławia, Poznania, Leszna i Wrocławia oraz zachodnia część niecki mazowieckiej.

Charakterystycznym anionem wód występujących w rejonach o podwyższonej mineralizacji jest jon chlorkowy. Natomiast w przypadku wód słodkich dominującym anionem są z reguły jony wodorowęglanowe. Jony siarczanowe w wodach utworów miocenijskich występują podrzędnie. Zaledwie w 14% analiz występują one w ilości powyżej 20% mvali.

² Wykorzystane analizy wód z utworów miocenijskich dotyczą głównie studzien eksploatacyjnych (98% wszystkich analiz), nie charakteryzują więc wszystkich utworów, lecz jedynie osady o stosunkowo dobrej wodoprzepuszczalności. Bardzo niejednorodny jest również rozkład regionalny zebranych materiałów.

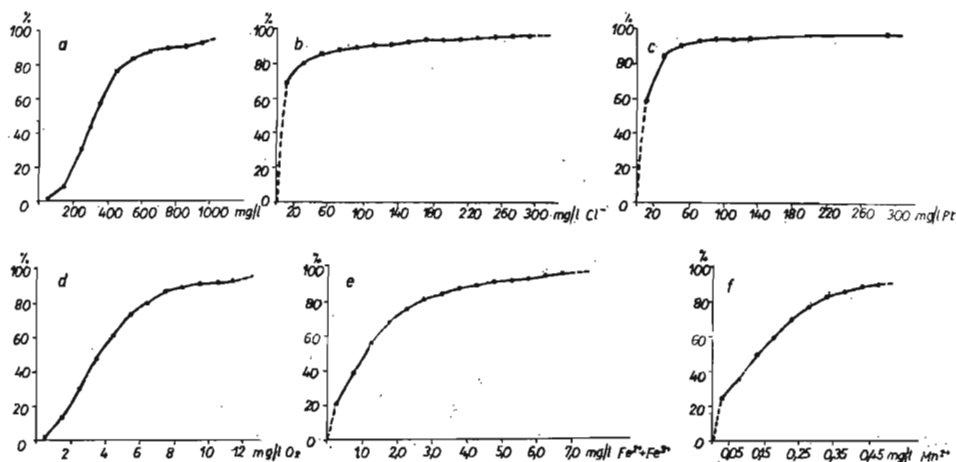


Fig. 2. Diagramy kumulacyjne wybranych elementów fizyczno-chemicznych wód podziemnych z utworów miocenijskich na Niżu Polskim
 Cumulative diagrams of selected physical and chemical elements of ground water from the Miocene formations within the Polish Lowland area
 Objaśnienia jak na fig. 1
 Explanations as in Fig. 1

Taki rozkład anionów wyraźnie sugeruje, że strefy występowania podwyższonego zasolenia są strefami, w których wymiana wód infiltracyjnych jest powolniejsza niż w innych obszarach bądź też są to strefy, gdzie lokalnie następuje intensywne doprowadzanie jonów chlorkowych z innych, zasolonych poziomów wodonośnych. Znając litologię nadkładu oraz budowę geologiczną podłoża miocenu możemy stwierdzić, że w obrębie utworów miocenijskich mamy w zasadzie do czynienia z doprowadzaniem jonów chlorkowych z zewnątrz.

Dla całości trzeciorzędu niżowego przyjęto wartość 100 mg/l chlorków jako graniczną, powyżej której zasolenie traktujemy jako anomalne. W miocenie niżowym w 90% analiz chlorki nie przekraczają tej wartości (fig. 2). Najczęściej jednak występują wody o zawartości chlorków do 60 mg/l (fig. 1).

Dominującymi kationami wód w utworach miocenijskich są niewątpliwie wapń i magnez. Najczęściej w miocenie niżowym mamy więc do czynienia z wodami typu $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ bądź $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$. Sód (razem z potasem) w ilości powyżej 20% mvali występuje rzadko i prawie wyłącznie w wodach o wyższej mineralizacji.

Obok wyżej wymienionych typów chemicznych wód poznanych w około 80% analiz, w wodach utworów miocenijskich istnieje ogromna różnorodność składu chemicznego, wyrażająca się występowaniem aż 24 klas hydrochemicznych (według klasyfikacji Szczukariewa). Między innymi zaobserwowano (głównie w okolicach Wrocławia) bardzo rzadko występujące w przyrodzie wody sześćjonoowe: $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$ oraz pięćjonoowe: $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ i $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- - \text{Mg}^{2+} - \text{Ca}^{2+}$. W. A. Prikoński i F. F. Łaptiew (1955) podają nawet, że te typy wód nie były dotychczas znane.

Obok jonów podstawowych żelazo jest jednym z najpospolitszych

składników omawianych wód. Zaledwie 25% analiz wykazuje zawartość żelaza poniżej 0,3 mg/l, a więc większość wód miocenijskich wymaga odżelaziania przy eksploatacji do celów pitnych bądź przemysłowych. Zwykle zawartość żelaza nie przekracza 2 mg/l, niemniej znane są przypadki występowania nawet kilkunastu mg/l Fe^{2+} . Obok żelaza występuje mangan wykazując często ponadnormatywnie wysokie zawartości. Badania korelacyjne mówią jednak, że w wodach utworów miocenijskich żelazo i mangan wykazują wyraźną odrębność geochemiczną.

Uzdatnianie wód pochodzących z utworów miocenijskich jest często konieczne ze względu na zabarwienie wody i skorelowaną z nim wysoką utleniałość. Załączony diagram (fig. 2) mówi wprawdzie, że jedynie 30% wód wykazuje ponadnormatywne zabarwienie, ale musimy się liczyć ze znacznie większym udziałem wód zabarwionych w obrębie utworów miocenijskich, szczególnie w rejonach występowania węgla brunatnego. Natężenie zabarwienia jest bardzo różne i utrzymuje się w tonacjach żółtobrazowo-brunatnych. Jest ono wywołane rozpuszczalnymi związkami humusowymi, powstającymi w procesie uwęglania substancji roślinnej. W środowisku zabarwionych wód utworów miocenijskich, jako prawdopodobnie najlepiej izolowanym środowisku w obrębie tych utworów, zachodzą stosunkowo intensywne procesy wymiany jonowej, polegającej na zastępowaniu w wodzie jonów wapnia i częściowo magnezu jonami sodu i potasu.

WODY W UTWORACH MIOCENU MORSKIEGO

Obszar przedgórza Karpat stanowi odmienny region hydrogeologiczny w stosunku do opisanej wyżej niżowej części kraju. Ten rów przedgórski (B. Areń, 1970) wypełniają miocenijskie utwory pochodzenia morskiego.

Partie spągowe miocenu reprezentowane są przez utwory tortońskie. Są to osady piaszczysto-ilaste, wapienne oraz gipsy i anhydryty. Wyróżnia się wśród nich trzy facje: węglanową, która występuje w północno-wschodniej strefie brzeżnej, siarczanową, ciągnącą się dalej na zachód i chlorkową, rozwiniętą wzdłuż czoła Karpat. Miąższość osadów tortońskich wynosi średnio 20 m, jedynie miejscami dochodzi do 200 m.

Wyżej leżące utwory sarmackie wykształcone są w facji ilów krakowieckich (iły z przewarstwieniami piaskowców, mułków i wapieni) oraz facji przybrzeżnej (osady detrytyczne, wapienie rafowe, żwiry, piaski i mułki). Miąższość sarmatu rośnie z północy w kierunku brzegu Karpat. Maksymalne miąższości (do ponad 3000 m) osiąga we wschodniej części zapadliska.

Osady miocenijskie są silnie zaburzone jedynie wzdłuż czoła Karpat i często skryte pod nasuniętymi fałdami karpackimi. Dalej na północ leżą one spokojnie wyrównując mocno zróżnicowaną powierzchnię podłoża.

Budowa geologiczna i warunki litologiczne w sposób decydujący wpływają na wody podziemne powodując, że obszar zapadliska charakteryzuje się dużą różnorodnością mineralizacji i składu chemicznego wód.

Wody słodkie (zwykle) występują przede wszystkim w północnym rejonie wychodni utworów miocenu (fig. 3). Na pozostałym obszarze zapadliska spotyka się je tylko lokalnie w piaszczystych wkładkach stro-

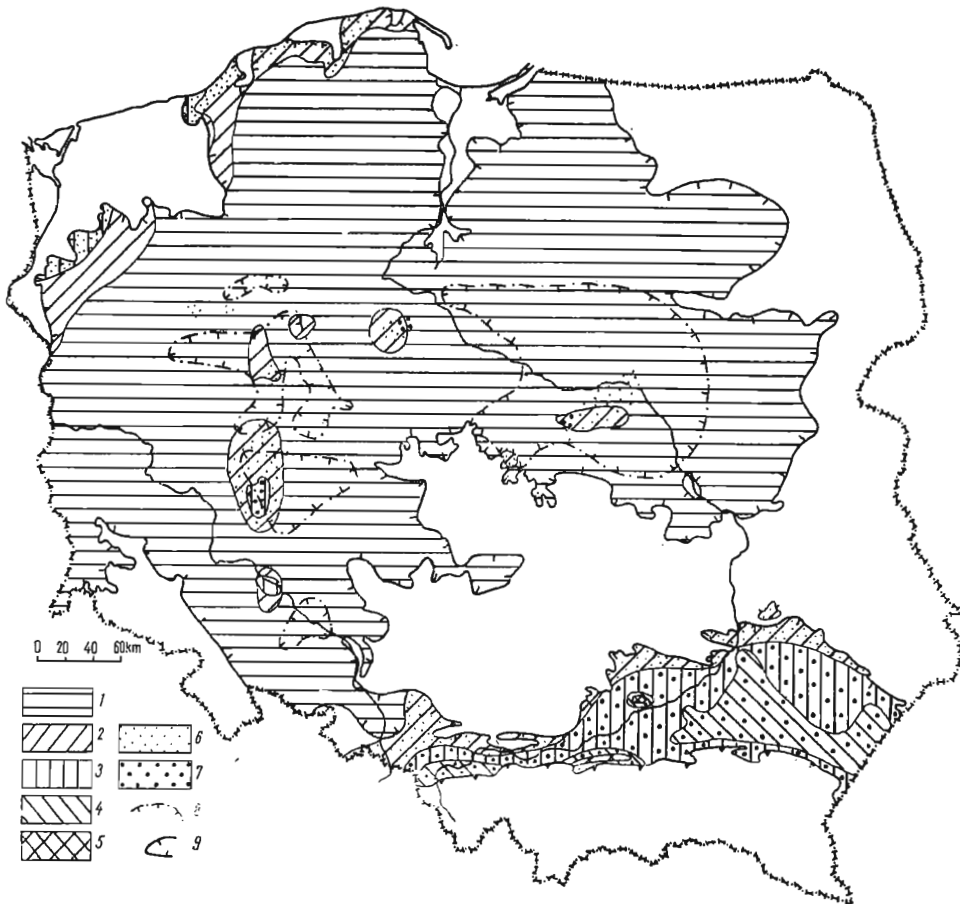


Fig. 3. Chemizm wód w utworach miocenu (na obszarze zapadliska przedkarpackiego przedstawiono wody w stropowych partiach tych utworów)

Water chemism in the Miocene formations (within the area of the Carpathian Fore-deep are shown waters at the top portions of these formations)

1-5 - wody o mineralizacji: 1 - do 0,5 g/l, 2 - 0,5÷1 g/l, 3 - 1÷5 g/l, 4 - 5÷10 g/l, 5 - 10÷35 g/l; 6-7 - zawartość chlorków w wodzie: 6 - 100÷250 mg/l (na fig. 3 i 5 uwzględniono zawartość chlorków w wodach o mineralizacji do 10 mg/l), 7 - do 250 mg/l; 8 - wody o podwyższonej barwie; 9 - granice występowania utworów miocenu

1-5 - water showing mineralization: 1 - to 0.5 g/l, 2 - 0.5÷1 g/l, 3 - 1÷5 g/l, 4 - 5÷10 g/l, 5 - 10÷35 g/l, 6-7 - content of chlorides in water: 6 - 100÷250 mg/l, (in Figs. 3 and 5 are taken into account chlorides in water of mineralization up to 10 mg/l), 7 - to 250 mg/l, 8 - waters characterized by increased colour; 9 - occurrence boundaries of the Miocene formations

powych partii sarmatu. Wody te są typu wodorowęglanowego z różnym udziałem kationów.

W kierunku południowym od strefy wód słodkich mineralizacja ich rośnie. W strefie przykarpackiej dochodzi ona do 20÷30 g/l.

Wraz ze zwiększaniem się mineralizacji zmienia się również ich skład chemiczny. W rejonie północnej granicy zasięgu utworów w wodach podziemnych, których mineralizacja nie przekracza 10 g/l, dużą rolę

w składzie chemicznym odgrywają siarczany. Występują tu wody typu wodorowęglanowo-siarczanowo-chlorkowego z różnym udziałem kationów. Powszechnie występuje w nich siarkowodor. Tego typu wody tworzą się w osadach siarczanowych i siarkonośnych.

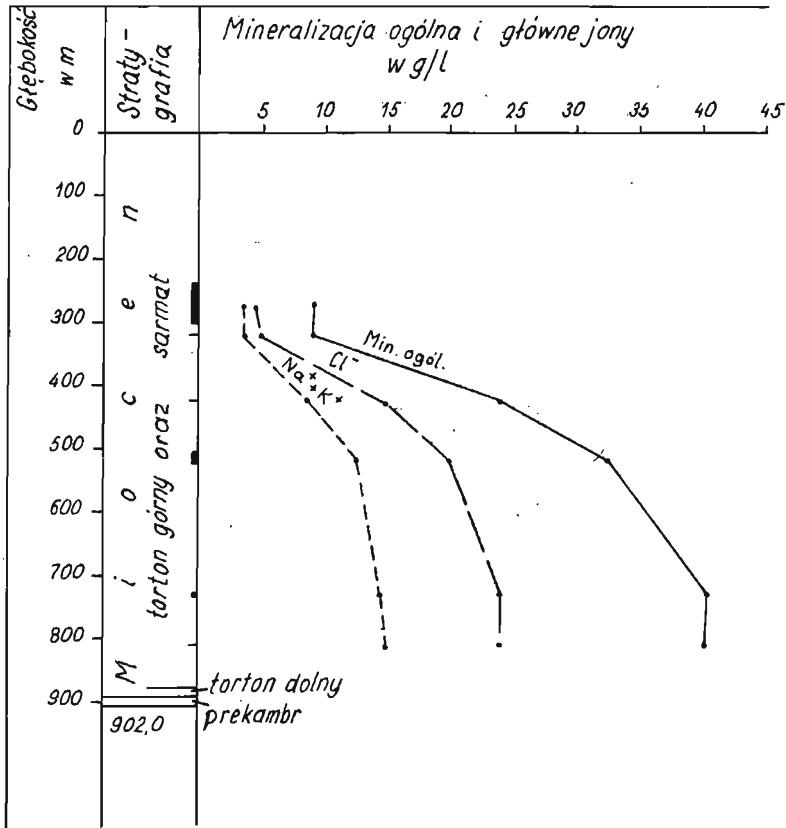


Fig. 4. Profil hydrochemiczny otworu wiertniczego Sarzyna 9
Hydrochemical section of bore hole Sarzyna 9

W rejonach środkowych zapadliska mineralizacja wód wynosi przeważnie 5÷10 g/l. Są to najczęściej wody typu chlorkowo-wodorowęglanowo-sodowego, niekiedy również kationy wapnia występują w ilościach ponad 20‰ mvali. Wody te przywiązane są do stropowych partii miocenu. Są pod zmiennym wpływem wód powierzchniowych, który sięgać może do głębokości 200÷300 m.

W przykarpackim rejonie występowania złóż soli kamiennej — w partiach stropowych miocenu — występują wody o najwyższej mineralizacji, ponad 10 g/l. Są one typu chlorkowo-sodowego.

Wraz ze zwiększaniem się głębokości na całym obszarze zapadliska obserwuje się wzrost mineralizacji wód podziemnych (fig. 4). Największe stężenia wód (ponad 200 g/l) stwierdzono w strefie przykarpackiej. Są to wody wyłącznie chlorkowo-sodowe.

Charakterystycznym składnikiem solanek miocénskich zapadliska przedkarpacciego jest jod, którego koncentracje są tu wyjątkowo wysokie, np. w rejonie Gdowa, Bochni i Lubaczowa przekraczają 100 mg/l J-. Zawartości bromu nie przekraczają najczęściej 250 mg/l.

Niewiele jest materiału do scharakteryzowania termiki wód podziemnych zapadliska. Z dotychczasowego rozpoznania wynika, że w rejonie środkowym i południowym temperaturę powyżej 20°C powinny wykazywać wody z głębokości 300÷500 m, natomiast w rejonach północnym i zachodnim temperaturę 20°C posiadają wody w partiach znacznie głębszych, miejscami w ogóle mogą nie występować wody termalne.

WODY W UTWORACH OLIGOCENU

Rozprzestrzenienie utworów oligocenu w Polsce nie jest dotąd ściśle określone. Do oligocenu zalicza się zazwyczaj piaski glaukonitowe z przewarstwieniami ilów, występujące pod utworami miocenu. Brak jednolitego podziału stratygraficznego utworów trzeciorzędu powoduje, że granice miocen — oligocen i oligocen — eocen są różnie wyznaczane przez poszczególnych badaczy. Znajduje to swój wyraz w opracowaniach regionalnych zarówno publikowanych, jak i archiwalnych.

Jak już wyżej wspomniano, w niniejszym opracowaniu utwory oligocenu przedstawia się łącznie z utworami eocenu. Omawiane utwory pokrywają bardzo dużą część Polski (fig. 5), ale nie jest to pokrywa ciągła i jednolita. W najbardziej ogólny sposób można mówić o zachodnim i wschodnim obszarach występowania utworów oligocenu.

W zachodniej części Polski miąższość utworów oligocenu i eocenu osiąga lokalnie (niecka szczecińska) ponad 200 m, ale zazwyczaj wynosi 20÷100 m. W wielu rejonach utwory te występują na podłożu o silnie zróżnicowanym urzeźbieniu i dlatego miąższość zmienia się gwałtownie na bardzo małych odległościach. Niekiedy utwory te występują w zagłębieniach podłoża przypominających rynny lub rowy tektoniczne (niecka mogileńska).

Wschodni obszar występowania oligocenu charakteryzuje się łagodniejszym ułożeniem utworów, które lokalnie osiągają ponad 100 m miąższości.

Utwory oligocenijskie reprezentowane są głównie przez piaski drobno- i średnioziarniste z glaukonitem i fosforytami oraz przez mułki i ły. Na znacznych obszarach utwory ilaste odgrywają podrzędną rolę i warunki hydrogeologiczne są wtedy bardzo korzystne. Jednak na dużych obszarach niecki szczecińskiej i niecki mazowieckiej niemal cały profil utworów oligocenu stanowią ły. Charakterystyka wodonośności nie jest tematem niniejszego artykułu i ograniczymy się tylko do stwierdzenia, że na obszarze Polski miąższość wodonośnych utworów oligocenu waha się od zera do 50 m. W niektórych rejonach, np. w Warszawie, utwory te stanowią jeden z głównych poziomów wodonośnych. Ogólna mineralizacja i skład chemiczny wód w utworach oligocenu wykazują znaczne zróżnicowanie przestrzenne.

Ogólna mineralizacja, przedstawiona jako suma stałych składników chemicznych rozpuszczonych w wodzie, waha się od 0,3 do ponad 9 g/l. Ogólnie można stwierdzić, że zachodni obszar występowania oligocenu charakteryzuje się wyższą mineralizacją wód (fig. 5). Jest to zgodne

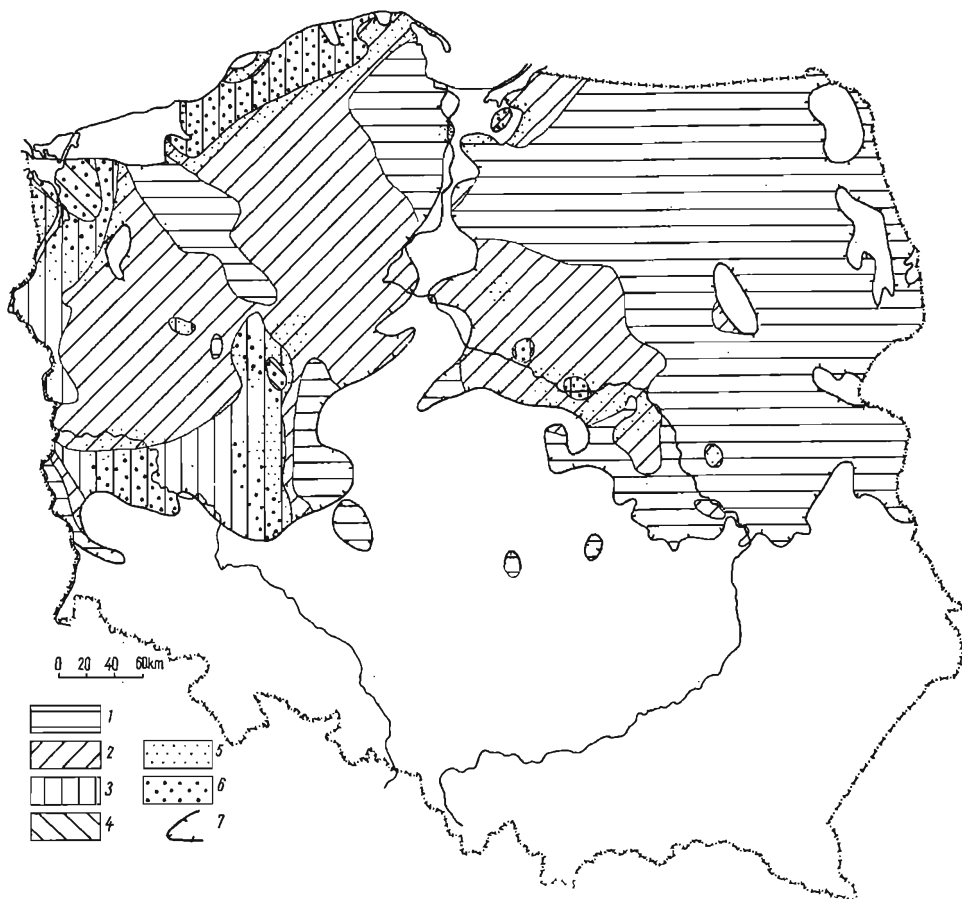


Fig. 5. Chemizm wód w utworach oligocenu

Water chemism in the Oligocene formations

1-4 — jak na fig. 3; 5-6 — zawartość chlorków w wodzie: 5 — 100 ÷ 250 mg/l, 6 — 250 mg/l; 7 — granice występowania utworów oligocenu

1-4 — as in Fig. 3; 5-6 — content of chlorides in water: 5 — 100 ÷ 250 mg/l, 6 — 250 mg/l; 7 — occurrence boundaries of the Oligocene formations

z płytszym występowaniem wód mineralnych na terenie Polski zachodniej w porównaniu z obszarem wschodnim.

Wschodni obszar utworów oligocenu charakteryzuje się występowaniem wód głównie o mineralizacji do 0,5 g/l. W zachodniej części tego obszaru na znacznych przestrzeniach (a więc nie chodzi tu o zjawiska lokalne) występują wody o mineralizacji w granicach 0,5 ÷ 1,0 g/l. Takie wody występują m.in. na terenie Warszawy. Wody o mineralizacji ponad 1 g/l znane są tylko z Wyszogrodu i okolic Płocka. Ogólnie można stwierdzić, że wody występujące w utworach oligocenu na wschód i na południe od Warszawy charakteryzują się ogólną mineralizacją poniżej 0,5 g/l. Wyższe mineralizacje na tym terenie wywołane są przyczynami lokalnymi.

Zachodni obszar występowania utworów oligocenu charakteryzuje się

małym udziałem wód o ogólnej mineralizacji do 0,5 g/l. Wody takie występują jedynie w północno-wschodniej części obszaru, w północnej części wału pomorskiego, oraz lokalnie na monoklinie przedsudeckiej i w niecce mogileńskiej. Największe obszary zajmują wody o mineralizacji rzędu 0,5÷1,0 g/l. Dla dużej części monokliny przedsudeckiej, niecki szczecińskiej i niecki pomorskiej charakterystyczne są wody o mineralizacji 1÷5 g/l, a więc nie nadające się do celów pitnych i przemysłowych. Wody o największej mineralizacji (ponad 5 g/l) występują w północno-zachodniej części niecki szczecińskiej. Lokalnie mineralizację taką mogą również osiągać wody w rejonie Poznania.

Skład chemiczny wód w utworach oligocenu nie jest, jak dotąd, dostatecznie zbadany. Nawet na obszarach eksploatacji tych wód wykonuje się niemal wyłącznie analizy sanitarne, które nie pozwalają dokonać pełnej charakterystyki składu chemicznego. Najlepiej rozpoznane są pod tym względem wody w centralnej części niecki mazowieckiej.

Wody o mineralizacji do 0,5 g/l są wyłącznie wodorowęglanowe. Wśród kationów przeważa wapń, a na drugim miejscu występuje zawsze magnez. Wody o mineralizacji 0,5÷1,0 g/l są bardziej różnorodne pod względem składu chemicznego. Obok wód wodorowęglanowych występują również wody wodorowęglanowo-chlorkowe i chlorkowo-wodorowęglanowe. Kationy tworzą następujące typy: $\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$, $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$, $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$ oraz Na^+ . Wody typu $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$ o mineralizacji poniżej 1 g/l występują rzadko. Ten typ chemiczny charakterystyczny jest natomiast dla wód oligocenских o mineralizacji 1÷3 g/l. Wody o wyższych mineralizacjach należą do chlorkowo-sodowych.

Bardzo ważnym wskaźnikiem dla ustalenia możliwości wykorzystania wód jest zawartość w nich chlorków. Na fig. 5 wydzielono te obszary, gdzie wody zawierają 100÷250 mg/l Cl^- oraz obszary, gdzie jon ten występuje w ilościach ponad 250 mg/l. Występowanie chlorków w wodach podziemnych powtarza w dużym stopniu obraz ogólnej mineralizacji. We wschodnim obszarze występowania utworów oligocenu wody o podwyższonej zawartości Cl^- zajmują stosunkowo niewielkie tereny. Jest to głównie zachodnia część niecki mazowieckiej. Występowanie wód o zawartościach chlorków 100÷250 mg/l na terenie Warszawy i na zachód od niej już dawno zostało udowodnione ponad wszelką wątpliwość. Większe ilości niż 250 mg/l chlorków stwierdzono w Wyszogrodzie i w rejonie Płocka.

Znacznie bardziej zasolone wody występują na terenie Polski zachodniej. Ze względu na stosunkowo słabe rozpoznanie chemizmu tych wód trudno jest ocenić zawartość Cl^- w wodach na całym omawianym obszarze. Wiadomo jednak, że wody zawierające ponad 250 mg/l Cl^- występują na dużych przestrzeniach niecki szczecińskiej, monokliny przedsudeckiej i w niecce pomorskiej. Uwzględnione na fig. 5 zawartości chlorków związane są z przyczynami geologicznymi, nie zaś z zanieczyszczeniem wód.

Wody w utworach oligocenu charakteryzują się na ogół znacznymi zawartościami żelaza, w związku z czym często przed eksploatacją do celów pitnych lub przemysłowych konieczne jest ich odżelazianie. Naturalne zawartości żelaza wahają się zazwyczaj od 0,2 do 2,0 mg/l, rzadziej do 4 mg/l (Z. Płochniewski, 1972). Mangan występuje najczęściej

w ilościach poniżej normy dla wód pitnych (0,1 mg/l) lub też przekracza tę normę nieznacznie.

Wody w utworach oligocenu w odróżnieniu od wód w utworach miocenijskich nie wykazują podwyższonej barwy.

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA WÓD Z UTWORÓW TRZECIORZĘDOWYCH

Użytkowanie wód uzależnione jest od ich ilości i jakości. W Atlasie nie przedstawia się zasobów wód, lecz w miarę możliwości dokonuje się względnej oceny potencjalnych wydajności z pojedynczego otworu. Chodzi tu głównie o stwierdzenie czy ze względu na wydajność opłacalne jest wydobywanie wody z danego poziomu. Dla wód pitnych oraz chlorokowych wód mineralnych przyjęto, że ich eksploatacja jest opłacalna, jeśli wydajność otworu wynosi ponad 5 m³/h.

Na podstawie dotychczasowego rozpoznania możemy stwierdzić, że wody występujące w utworach pliocenijskich rzadko mogą być wykorzystywane do celów konsumpcyjnych, przede wszystkim ze względu na ich ilościowe ubóstwo. Pod względem jakościowym, z wyjątkiem dość często występujących ponadnormatywnych ilości żelaza, odpowiadają wymaganiom stawianym wodom pitnym.

Podana wyżej ogólna charakterystyka chemizmu wód występujących w utworach miocenijskich na Nizinie Polskiej pozwala stwierdzić, że ze względu na jakość wody nie jest to korzystny wodonosiciel. Dotyczy to szczególnie tych obszarów, gdzie wśród utworów miocenijskich występuje węgiel brunatny. Wody tego poziomu najczęściej muszą być uzdatniane ze względu na ponadnormatywną zawartość żelaza i manganu oraz podwyższoną barwę. Uzdatnianie tych wód jest stosunkowo trudne, co wynika z obecności związków humusowych, tworzących koloidy ochronne, które utrzymują w wodzie trójwartościowe.

Możemy również stwierdzić, że rejon występowania anomalii hydrochemicznych nie są w żadnym wypadku rejonami w szerokim sensie perspektywicznymi. Dla zaopatrzenia mogą mieć one jedynie znaczenie ściśle lokalne, mogą dostarczać stosunkowo nieznacznych ilości wody, i to często o nie najlepszych parametrach fizykochemicznych.

Możliwości wykorzystania wód z utworów miocenijskich są ograniczone nie tylko względami jakościowymi, ale również często małymi wydajnościami ujęć, co zwykle wiąże się z bardzo drobnoziarnistym bądź pylastym wykształceniem warstw wodonosnych. Znane są jednak obszary (np. rejon Bydgoszczy), gdzie wody miocenijskie na ogół nie budzą zastrzeżeń pod względem jakości, a wydajności sięgają rzędu kilkunastu do kilkudziesięciu m³/h.

Przeważnie ilasty charakter utworów pliocenijskich, przykrywających na znacznych obszarach oligocen i miocen powoduje, że wody w utworach trzeciorzędowych bardzo rzadko wykazują zanieczyszczenie bakteriologiczne. Wyjątek mogą stanowić wychodnie utworów wodonosnych bądź lokalne punkty, gdzie do zanieczyszczeń doszło wskutek gospodarczej działalności człowieka.

Możliwości wykorzystania wód podziemnych na obszarze zapadliska do celów pitno-gospodarczych istnieją tylko w strefie północnej, w obrębie utworów facji brzeżnej. Na terenie Górnego Śląska są to często bar-

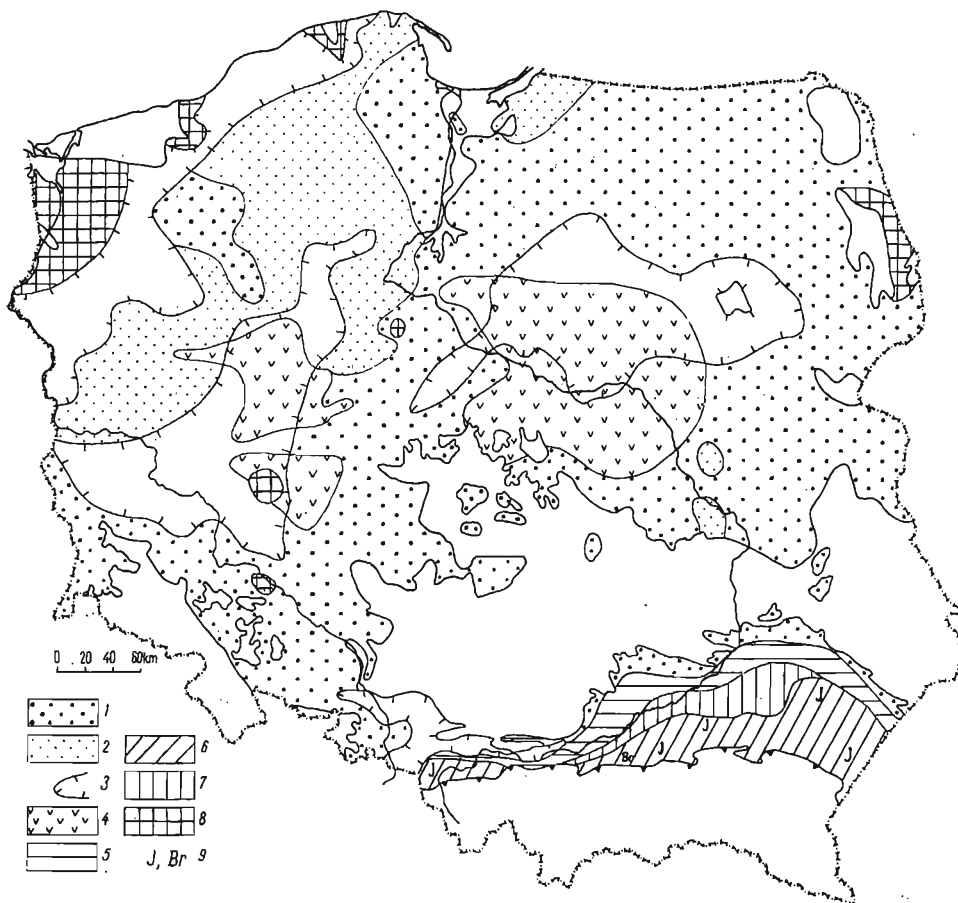


Fig. 6. Ocena możliwości wykorzystania wód z utworów trzeciorzędu
Evaluation of utilization possibility of water from the Tertiary formations

1 — wody mogą być wykorzystane jako pitne i przemysłowe bez uzdatniania lub po oddzieleniu; 2 — j.w., lecz wody z utworów oligocenu charakteryzują się ponadnormalną ilością żelaza, chlorków i suchej pozostałości; 3 — j.w., lecz wody z głębszych części profilu nie nadają się do użytku (zbyt wysoka mineralizacja lub zbyt mała wydajność); 4 — wody z utworów miocenijskich mogą być użytkowane do celów pitnych i przemysłowych po odbarwieniu; 5 — wody mogą być użytkowane jako chłodne wody mineralne; 6 — j.w. w partiach stropowych, głębiej jako termalne; 7 — j.w. w partiach spągowych; 8 — wody nie mogą być wykorzystane ze względu na małą wydajność; 9 — wody zawierają duże ilości jodu i bromu; istnieją możliwości wydobycia tych pierwiastków z wód

1 — waters may be used as potable and industrial, without purification or iron removal process; 2 — as above, but waters from the Oligocene formations are characterized by an enormous amount of iron, chlorides and dry residue; 3 — as above, but waters from deeper parts of the section are useless (too high mineralization or too low yield); 4 — waters from the Miocene formations may be used as potable and industrial, after decolorizing; 5 — waters may be used as cold mineral ones; 6 — as above in the top portions, deeper — as thermal waters; 7 — as above in the bottom portions; 8 — due to low yields waters cannot be used; 9 — waters with a large amount of iodine and bromine; there are possibilities of obtaining these chemical elements from water

dzo duże ilości wód rzędu kilkuset m^3/h , na pozostałym obszarze znacznie mniejsze, bo zaledwie kilka do kilkudziesięciu m^3/h . W rejonach środkowym i południowym zapadliska wody słodkie mają tylko znaczenie lokalne.

Na obszarze zapadliska istnieją duże możliwości wykorzystania wód podziemnych do celów balneologicznych jako chłodne i termalne wody mineralne. W rejonie północnym ze stosunkowo niewielkich głębokości (100÷300 m) można uzyskać do tego celu wód typu siarczanowego. Natomiast w rejonach środkowym i południowym możliwości stwarzają wody chlorkowe. Poza tym istnieją znaczne perspektywy na znalezienie solanek termalnych. Solanki zapadliska powinny ponadto znaleźć zastosowanie jako surowiec do produkcji jodu na skalę przemysłową. Do postawienia takiego wniosku upoważnia niezwykle wysoka koncentracja tego mikroelementu w wodach oraz to, że w procesie eksploatacji ropy i gazu ziemnego na tym terenie wydobywa się poważne ilości solanek, które z powodzeniem można wykorzystać do tego celu.

Znane są ponadto rejony występowania wód z podwyższonymi zawartościami bromu. Dla sprecyzowania wniosku o możliwości wykorzystania tych wód do produkcji bromu należałoby przeprowadzić bardziej szczegółowe rozpoznanie.

Możliwości wykorzystania wód występujących w utworach oligocenu ograniczone są zarówno zbyt małymi wydajnościami, jak i jakością wód. Za obszary negatywne ze względu na wydajność należy uznać: północną część niecki mazowieckiej (obszar ten wyznaczają orientacyjnie miasta: Pułtusk, Lipno, Nidzica i Wysokie Mazowieckie) oraz znaczne tereny w niecce szczecińskiej i na wale pomorskim. Na obszarach tych w utworach oligocenu brak jest wody lub występuje ona w ilościach do 5, sporadycznie do 10 m³/h i może być wykorzystywana tylko do zaopatrywania małych obiektów. Do celów pitnych i przemysłowych nie mogą być wykorzystywane również te wody, w których chlorki występują w ilościach ponad 250 mg/l. Ogólna mineralizacja tych wód przekracza zazwyczaj 1 g/l. Takie wody występują na znacznych obszarach Polski zachodniej.

Stosunkowo rzadko w utworach oligocenu występują wody, które mogą być użytkowane bez uzdatniania. Najczęściej wymagają one odżelaziania. Niemal wszystkie wody zachodniego obszaru utworów oligocenu oraz zachodniej części wschodniego obszaru wykazują podwyższoną zawartość żelaza oraz ponadnormatywną suchą pozostałość (ponad 500 mg/l), często również podwyższone ilości chlorków. Takie wody występują między innymi na terenie Warszawy i w jej okolicy.

Wody występujące w utworach oligocenu na obszarze niżowej części Polski ze względu na skład chemiczny i zbyt małą mineralizację ogólną nie mogą być wykorzystywane do celów leczniczych.

ZWIĄZEK WYSTĘPOWANIA ANOMALII HYDROCHEMICZNYCH W UTWORACH TRZECIORZĘDOWYCH NIŻU POLSKIEGO Z BUDOWĄ GEOLOGICZNĄ PODŁOŻA

Zebrane materiały hydrochemiczne, dotyczące wód trzeciorzędowych, pozwoliły ustalić tło hydrochemiczne poszczególnych pięter wodonośnych, jak również określić rodzaje anomalii hydrochemicznych i wyznaczyć strefy ich występowania.

W wodach utworów trzeciorzędowych występują zasadniczo 3 rodzaje anomalii hydrochemicznych:

1. Anomalie syngenetyczne — związane genetycznie z daną forma-

cja; przykładem mogą być anomalie zabarwienia i utleniałości występujące w wodach utworów miocenских.

2. Anomalie epigenetyczne — występowanie ich jest wyraźnie związane z doprowadzeniem pewnych substancji z zewnątrz z innych formacji niż rozpatrywana; przykładem może być występujące lokalnie wysokie zasolenie wód w utworach trzeciorzędowych.

3. Trzeci rodzaj stanowią anomalie, dla których na ogół trudno jest prześledzić związki genetyczne — np. anomalie Fe^{2+} lub Mn^{2+} .

Anomalie syngenetyczne i epigenetyczne wykazują wyraźną rejonizację przestrzenną, natomiast dla anomalii żelaza czy manganu rejoni-zacji takiej trudno się dopatrzeć.

Rozpatrując teoretycznie zależność występowania hydrochemicznych anomalii wód trzeciorzędowych Niziu Polskiego z budową geologiczną podłoża możemy stwierdzić, że zależność ta będzie na pewno występowała w odniesieniu do anomalii epigenetycznych. Szczegółowa analiza zebranych materiałów hydrochemicznych na tle danych geologicznych (w szerokim znaczeniu, a więc zarówno litologii, jak i tektoniki podłoża) potwierdza w pełni ten wniosek. Niemniej wyraźnie daje się zauważyć pewne strefy uprzywilejowane pod tym względem oraz obszary, gdzie nie możemy przy obecnym stanie rozpoznania jednoznacznie wykazać związku występowania anomalii epigenetycznych w utworach trzeciorzędowych z budową geologiczną podłoża.

Niżej przedstawimy krótki przegląd głównych rejonów występowania anomalii epigenetycznych, przy czym ograniczymy się jedynie do charakterystyki anomalii chlorkowych i siarczanowych jako najlepiej udokumentowanych. Największy nacisk położymy również na występowanie anomalii w wodach utworów miocenских, a więc występujących w typowej formacji sódkowodnej.

Najbardziej północnym obszarem występowania zasolonych wód trzeciorzędowych jest zachodnia część Pomorza Zachodniego wraz ze strefą ciągnącą się wzdłuż wybrzeży Bałtyku. W rejonie tym notowane są w zasadzie wyłącznie anomalie chlorkowe. W spągu utworów trzeciorzędowych występują wody wyraźnie zasolone, w partiach stropowych natomiast mamy do czynienia z mozaikowym występowaniem wód zasolonych i słodkich. Fakt ten można tłumaczyć dopływem silnie zmineralizowanych wód z podłoża i mieszaniami się ich ze słodkimi wodami infiltracyjnymi, właśnie w obrębie utworów trzeciorzędowych. Nie wykluczony jest wszakże udział, szczególnie w zachodniej części Pojezierza i Wielkopolski, sedymentacyjnych wód zasolonych w utworach oligocenских.

Z dopływem zmineralizowanych wód z podłoża możemy wiązać zasolenie wód w utworach trzeciorzędowych w rejonie Poznania i Obornik, gdzie istniejące w mezozoiku struktury (strefa Szamotuł — Obornik oraz rów Poznania — Mosiny) stwarzają dogodne warunki dla ascensji wód zasolonych³.

Stan rozpoznania geologicznego nie pozwala natomiast znaleźć bezpośredniej przyczyny podniesienia zasolenia w utworach miocenских

³ Według ostatnich poglądów J. Dowgiałły (1968) oraz B. Paczyńskiego i J. Pałusa (1970) zasolenie wód w mezozoiku na Niziu Polskim związane jest głównie z obecnością solanek typu reliktoowego. Salinarny cechsztyń dla zasolenia górnego mezozoiku ma znaczenie lokalne.

w rejonie Śremu oraz Niegosławia k. Drezdenka. Należy przypuszczać, że dokładna znajomość budowy geologicznej i tektoniki rejonu Drezdenka, Sieraków i Międzychodu oraz okolic Śremu pozwoli w przyszłości wyjaśnić to zjawisko.

Bardzo wyraźną anomalię hydrochemiczną w utworach miocenu (podwyższone zasolenie, twardość, barwa) obserwujemy na południowy zachód od Gostynia oraz w Nowej Soli. Niemniej w tych przypadkach możemy łatwo znaleźć drogę ascensyjnego doprowadzania solanek z utworów mezozoicznych (istnieją liczne dyslokacje w podłożu).

Inną genezę mają niewątpliwie anomalie zasolenia znane z okolic Inowrocławia, Izbicy, Żnina i Rogoźna k. Łodzi. W obszarach tych bezpośrednio pod trzeciorzędem występują wysady cechsztyńskie; zasolone wody trzeciorzędu można więc wiązać z ługowaniem soli. Anomaliom chlorkowym towarzyszą anomalie siarczanowe związane z ługowaniem gipsów z gipsowych czap wysadów. W rejonie tym wydaje się być bardzo prawdopodobny wpływ neotektoniki związanej z halokinezą. Rezultatem może być powstanie szeregu spękań i rozluźnień w nadkładzie egzematu solnego, otwierających drogę dla krążenia ługowanych rozтворów soli oraz ługów.

Stosunkowo zwartym obszarem występowania anomalii chlorkowych łącznie z siarczanowymi w utworach miocenu jest obszar Wrocławia. Wysokie zasolenie wód w tym rejonie niektórzy autorzy wiążą z utworami permskimi, występującymi bezpośrednio pod utworami trzeciorzędu. Na podstawie zebranych materiałów można stwierdzić, że anomalia zasolenia związana jest przede wszystkim z rejonem eksploatacji wód z utworów miocenijskich we Wrocławiu. Nie obserwujemy natomiast strefy wód zasolonych w poziomie miocenijskim, naśladującej wychodnie permu pod trzeciorzędem. Brak szczegółowych materiałów nie pozwala stwierdzić, w jakim stopniu podwyższone zasolenie w rejonie Wrocławia związane jest z budową geologiczną bądź tektoniką ułatwiającą krążenie solanek, a w jakim stopniu z pobudzeniem dopływu wód głębszych wskutek eksploatacji.

Najlepiej znanym z literatury obszarem anomalnych zasoleń w utworach trzeciorzędowych jest zachodnia część niecki mazowieckiej. Na temat genezy tej anomalii aktualne są obecnie dwie teorie: pogląd J. Samsonowicza (1942), który za podstawowe źródło zasolenia tych wód uważał solanki cechsztyńskie oraz teoria W. Ołendzkiego (1960), który głównych przyczyn zasolenia wód w utworach trzeciorzędowych dopatruje się w reliktowych wodach morza oligoceńskiego, zachowanych w bardziej ilastych wkładkach. Brak szczegółowego rozpoznania tektoniki podłoża trzeciorzędu oraz warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych w mezozoiku i trzeciorzędzie nie pozwala w chwili obecnej jednoznacznie rozstrzygnąć tego zagadnienia. Na podstawie istniejących materiałów możemy jedynie przypuszczać, że zasolenie wód w utworach trzeciorzędowych ma tu w zasadzie charakter epigenetyczny, przy czym nie można wykluczyć lokalnego wpływu reliktowych wód morza oligoceńskiego. Na zasolenie wód w tym rejonie mogą mieć raczej większy wpływ wody syngedymantacyjne z mezozoiku, a nie solanki permskie.

Opierając się na przedstawionej charakterystyce występowania anomalii, musimy zauważyć, że na obszarze Niżu Polskiego nie można do-

patrzeć się związku występowania anomalii hydrochemicznych w trzeciorzędzie z głównymi jednostkami strukturalnymi podłoża, niemniej można zauważyć wyraźny związek występowania anomalii z budową geologiczną podłoża lub z pojedynczymi formami tektonicznymi, w głównej mierze z elementami tektoniki nieciągłej podłoża. A więc nie są to na ogół główne, głębokie strefy dyslokacji umożliwiające ascensję solanek z permu, lecz strefy płytszych dyslokacji umożliwiające krążenie wysoko zmineralizowanych roztworów w podłożu i pozwalające na ich ascensyjne wznoszenie się.

Interesujący jest również fakt, że anomalie epigenetyczne w trzeciorzędzie niżowym są wyraźnie przywiązane do pewnych tyłko stref zdyslokowanego podłoża. Na razie dysponujemy, niestety, zbyt małą ilością danych, by rozstrzygnąć, jakie są przyczyny tego zjawiska. Szczególnie odczuwa się brak danych dotyczących zawodnienia stref zdyslokowanych w podłożu. Interesujące byłyby tu również szczegółowe obserwacje nad stabilnością zdyslokowanego podłoża w strefach występowania bądź braku anomalii w trzeciorzędzie. Możemy przypuszczać, że strefy występowania anomalnych zasoleń związanych z ascensją wód z głębi, jako strefy mało szczelne, są mało perspektywiczne przy poszukiwaniach ropy i gazu.

Brak szczegółowych danych geologicznych nie pozwala w kilku przypadkach prześledzić bezpośredniego związku anomalii chlorkowych z określonymi strefami tektonicznego zaangażowania podłoża. Jednak występowanie tych anomalii pozwala przypuszczać, że istnieją w danym obszarze nie rozpoznane jeszcze struktury. Z przypadkiem takim mamy do czynienia np. w zachodniej części niecki mazowieckiej oraz w okolicy Niegosławia i Międzychodu.

Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa, Al. Zwirki i Wigury 93
Zakład Hydrogeologii Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 26 kwietnia 1971 r.

PIŚMIENNICTWO

- AREŃ B. (1970) — Geologia i surowce mineralne Polski — Zapadliisko przedkarpacie i obszary przyległe. Wyd. Geol. Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J. (1968) — The origin of Mineralised Ground Waters in North Poland. XXIII International Geological Congress, 17. Prague.
- OLEŃSKI W. (1960) — O genezie mineralizacji wód artezyjskich niecki mazowieckiej. *Prz. geol.*, 8, p. 355—360, nr 7. Warszawa.
- PACZYŃSKI B., PAŁYS J. (1970) — Geneza i paleohydrogeologiczne warunki występowania wód zmineralizowanych na Nizinie Polskiej. *Kwart. geol.*, 14, p. 131—146, nr 1. Warszawa.
- PŁOCHNIEWSKI (1972) — Żelazo i mangan w wodach podziemnych utworów pliocenskich, miocenskich, oligocenских, kredowych i jurajskich na obszarze Niziny Polskiej. *Biul. Inst. Geol.*, 256, p. 5—37. Warszawa.
- PRIKŁOŃSKI W. A., LAPTEW F. F. (1955) — Własności fizyczne i skład chemiczny wód podziemnych (tł. z ros.). Wyd. Geol. Warszawa.

- RÓŻYCKI S. Z. (1967) — Plejstocen Polski środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie. PWN. Warszawa.
- SAMSONOWICZ J. (1942) — Badania hydrogeologiczne nad poziomami wód artesyjskich w Warszawie. Bibl. Techn. Wód i Kanał. m. st. Warszawy (maszynopis). Warszawa.

Александра МАЦЕЩИК, Ярослав ПИХ, Зенобиуш ПЛОХНЕВСКИ

ХИМИЗМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТРЕТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЬШИ (КРОМЕ КАРПАТ)

Резюме

Статья написана на основании карт, составленных авторами при работе над Гидро-геохимическим Атласом Польши. В статье описана общая минерализация и химический состав вод плиоценовых, миоценовых (как континентальных, так и морских) и олигоценых отложений, за исключением территории Карпат. Отсутствие общепринятой стратиграфической схемы третичных отложений, а также карт распространения и мощности этих отложений, создают значительные трудности в охарактеризовании описываемых водных горизонтов.

Плиоценовый водоносный горизонт редко эксплуатируется из-за малого содержания воды. Это воды с низкой минерализацией: чаще всего в границах 300—600 мг/л, реже до 1000 мг/л. Типичным является следующий химический состав: HCO_3^- — Ca^{2+} — Mg^{2+} , реже: HCO_3^- — SO_4^{2-} — Ca^{2+} — Mg^{2+} — Na^+ .

В отложениях миоцена низменности воды почти всегда пресные: общая минерализация чаще всего составляет 200—500 мг/л (80% анализов). В статье приведены также районы с высшей минерализацией. Описываемые воды характеризуются большой разнородностью химического состава (24 класса). Чаще всего это воды: HCO_3^- — Ca^{2+} — Mg^{2+} или HCO_3^- — Ca^{2+} .

Воды морских миоценовых отложений (Предкарпатский прогиб) обнаруживают большую разнородность минерализации и химического состава. Преобладают хлоридно-натриевые минеральные воды, а на сравнительно небольших территориях имеются также пресные воды (главным образом в северной части прогиба). Известны также сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные и сульфатно-хлоридные минеральные воды различного катионного состава.

В отложениях олигоцена более минерализованные воды содержатся на западе Польши. Здесь преобладают воды с минерализацией 0,5—1,0 г/л, но имеются также воды с минерализацией ниже 0,5 и выше 1,0 г/л. На востоке Польши преобладают воды с минерализацией до 0,5 г/л. Ближе к Куявско-Поморскому валу воды имеют минерализацию 0,5—1,0 г/л, а локально свыше 1 г/л. Химический состав этих вод весьма дифференцирован (здесь имеются воды: HCO_3^- — Ca^{2+} — Mg^{2+} , HCO_3^- — Ca^{2+} — Na^+ , HCO_3^- — Cl^- — Na^+ — Ca^{2+} , Cl^- — HCO_3^- — Na^+).

В статье рассмотрена связь гидрохимических аномалий в третичных отложениях с геологическим строением фундамента. Приведена краткая характеристика сингенетических аномалий (цвет вод в отложениях миоцена низменности), эпигенетических (содержание повышенного количества Cl^-), а также аномалий, не проявляющих определенных генетических связей (например аномалии содержания железа).

Aleksandra MACIOSZOZYK, Jarosław PICH, Zenobiusz PŁOCHNIEWSKI

CHEMICAL NATURE OF GROUND WATERS IN TERTIARY FORMATIONS WITHIN THE AREA OF POLAND (EXCEPT FOR THE CARPATHIANS)

Summary

The article has been written on the basis of the maps worked out by the present authors during the elaboration of the Hydrochemical Atlas of Poland. The article discusses the general mineralization and the chemical composition of waters in the Pliocene, Miocene (both continental and marine), and Oligocene formations, except for the Carpathian area. A lack of any available, and generally accepted stratigraphical scheme of the Tertiary formations, and the absence of any maps of the extent and thickness of these formations strongly impede the description of the water-bearing horizons in study.

Due to a low amount of water, the Pliocene aquifer is rarely under exploitation. Here, waters are characterized by a low mineralization degree, for the most part from 300 to 600 mg/l, only at places to 1000 mg/l. The following chemical composition is typical: HCO_3^- - Ca^{2+} - Mg^{2+} , occasionally HCO_3^- - SO_4^{2-} - Ca^{2+} - Mg^{2+} - Na^+ .

Within the lowland area, waters in the Miocene formations are almost usually fresh. For the most part, their total mineralization amounts to 200—500 mg/l (in 80% of analyses). The article also discusses regions where water mineralization is higher. Here, waters distinguish themselves by a considerably different chemical composition (up to 24 classes). Most often there are found waters of the following types: HCO_3^- - Ca^{2+} - Mg^{2+} , or HCO_3^- - Ca^{2+} .

Waters in the marine formations of Miocene age (Carpathian foredeep) reveal considerable differences in both mineralization and chemical composition. Chloride-sodium mineral waters predominate, but within relatively small areas there are found also fresh waters (mainly within the northern part of the foredeep). There are also known sulphate, sulphate-hydrocarbonate, and sulphate-chloride mineral waters distinguished by various cation composition.

As far as the Oligocene formations are concerned, more mineralized waters occur in the western areas of Poland. Here predominate waters characterized by 0,5—1,0 g/l mineralization, but there are found also waters that show their mineralization below 0,5 g/l and above 1,0 g/l. In the eastern areas of Poland are found mainly waters where mineralization is up to 0,5 g/l only. Towards the Kujawy-Pomerania swell there occur waters, the mineralization of which is also from 0,5 to 1,0 g/l, and only locally it reaches more than 1,0 g/l. The chemical composition of these waters is highly diversified, e.g.: HCO_3^- - Ca^{2+} - Mg^{2+} , HCO_3^- - Ca^{2+} - Na^+ , HCO_3^- - Cl^- - Na^+ - Ca^{2+} , Cl^- - HCO_3^- - Na^+ .

The authors discuss the relation between the hydrochemical anomalies in the Tertiary formations and the geological structure of the basement. A short description is given also of the syngenetic anomalies (colour of waters in the Miocene formations within the lowland area), of the epigenetic anomalies (content of increased amounts of Cl^-), and of the anomalies which do not show here any visible genetical relations (e.g. anomaly in Fe content).