

Andrzej F. ADAMCZYK, Jacek MOTYKA, Zbigniew WILK,
Stanisław WITCZAK *

SŁONE WODY W OSADACH PERMSKICH
PÓLNOCNO-WSCHODNIEGO OBRZEŻENIA
GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

(11 fig.)

*Salt water in Permian sediments on the north-eastern border
of the Upper Silesia Coal Basin*

(11 Figs.)

Treść: Scharakteryzowano środowisko występowania wód słonych odkrytych niedawno w wyrobiskach jednej z kopalń rud cynkowo-olowiowych drażonych w permie na niedużej głębokości. Podano wyniki badań chemicznych wód wolnych i roztworów porowych. Stwierdzono i udokumentowano istnienie strefowości hydrochemicznej w osadach permских. Zdaniem autorów zjawisko to jest efektem procesów dyfuzji i konwekcji. W ich rezultacie następuje z jednej strony ascenzja soli z głębszych stref profilu geologicznego, z drugiej zaś usuwanie tych soli i wysładzanie wód permских na drodze ich mieszania się z przenikającymi w głąb wodami pochodzenia meteorycznego, krążącymi w utworach triasowych.

WSTĘP

Wzdłuż wschodniej, północno-wschodniej i północnej peryferii Górnośląskiego Zagłębia Węglowego ciągnie się łukiem wąska i wydłużona strefa występowania osadów permu. Wykształcenie litologiczne, miąższość i granice zasięgu tych osadów wskazują, że strefa ta ma charakter zapadliska o skomplikowanej w szczegółach budowie (Siedlecka, 1964). Osady te reprezentowane są przez zlepieńce wapienne, porfirowo-wapienne i porfirowo-tufowe, skały wapienno-ilasto-piaszczyste, piaskowce, ily i tufy. Są to wszystko osady lądowe o cechach sedymentów piedmontowych. Zazębiają się one ze sobą w kierunku poziomym oraz przewarstwiają w pionowym i wykazują dość znaczne różnice miąższości od

* Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30

kilku do 400 m. Osady te tylko na niewielkiej części obszaru swego występowania pojawiają się na powierzchni. Przeważnie są przykryte triasem i ewentualnie osadami młodszymi. W monograficznym opracowaniu Siedlecka (1964) wydziela trzy rejony facjalne osadów permu: południowy, centralny i zachodni. Opisywane w niniejszej pracy wody zmineralizowane występują w rejonie centralnym (okolice Olkusza).

Występowanie wód zmineralizowanych w utworach permskich tego rejonu nie było dotychczas znane. Stwierdzono je w 1974 r. raczej przypadkowo w długim na parę kilometrów przekopie górniczym jednej z kopalń rud drążonym w stropowej partii skał permskich, w wiszącym skrzydle uskoku Pomorzan (Wilk i inni, 1978). Z przekopu tego wykonano wyrobiska udostępniające złoża rud cynkowo-ołowiowych, które występują w zrzuconym skrzydle uskoku w triasowych dolomitach kruszczońskich.

Obecność wód chlorkowych o mineralizacji do 22 g/l na głębokości około 150 m było dużym zaskoczeniem, jeśli się zważy, że wody o takiej koncentracji spotyka się w karbonie Górnośląskiego Zagłębia dopiero na głębokościach znacznie większych oraz jeśli się uwzględni, że wychodnie osadów permskich znajdują się w odległości kilku zaledwie kilometrów.

Wspomniany fakt oraz interesujący skład chemiczny wód stały się powodem podjęcia bardziej szczegółowych badań. Niektóre ich wyniki przedstawiono w niniejszej pracy. Badania trwają nadal.

HYDROGEOLOGICZNE WARUNKI REJONU BADAŃ

Warunki hydrogeologiczne olkuskiego rejonu rudonośnego, którego fragmentem jest obszar badań, zostały omówione w kilku wcześniejszych publikacjach (Wilk i inni, 1971; Wilk, Zimny, 1973; Wilk, Motyka, 1977). W związku z tym stosunki wodne omawianego terenu opisano tylko w zakresie niezbędnym dla potrzeb niniejszej pracy.

W profilu geologicznym obszaru rozciętego wyrobiskami omawianej kopalni rud występują piętra wodonośne: czwartorzędowe, triasowe i paleozoiczne.

Wodonośne piętro czwartorzędowe zbudowane z piasków różnoziarnistych, rumoszy i żwirów osiąga największą miąższość rzędu 70 m w osi pogrzebanej doliny rzeki Przemszy (Kozioł, 1952; Wilk, Zimny, 1973). Na podstawie wyników próbných pompowań stwierdzono, że najczęstsza wartość współczynnika filtracji osadów czwartorzędowych wynosi $2,5 \times 10^{-4}$ m/s (Motyka, Wilk, 1976).

Wodonośne piętro triasowe zbudowane ze spękanych i skrasowanych wapieni i dolomitów retu oraz dolnego i środkowego wapienia muszlowego osiąga na badanym obszarze miąższość 100—120 m. Jakkolwiek poszczególne ogniwa tej serii odznaczają się różnymi cechami hydrogeologicznymi (Motyka, Wilk, 1976), to jednak w całości reprezentują one dosko-

nale przepuszczalny i zasobny horyzont wodonośny. Najczęstsza wartość współczynników filtracji triasowego piętra wodonośnego w olkuskim rejonie kopalnictwa rud wynosi $6,5 \times 10^{-5}$ m/s. Wodonośne piętro triasowe jest nakryte ilastymi osadami kajpru, wskutek czego ma ono na ogół charakter naporowy. Podścielone jest natomiast przez wspomniane we wstępie osady permskie. W rejonie Olkusza utwory permskie wykształcone są głównie w postaci monotonnej serii gruboziarnistych lądowych konglomeratów z podrzędnymi wkładkami piaskowców i mułowców. Charakterystyczną cechą tych osadów jest słabe przesortowanie, niski stopień obtoczenia i bezładne, a czasem płaskie ułożenie fragmentów skalnych. Otoczaki zbudowane są z wapieni i dolomitów dolnokarbońskich i dewońskich oraz porfirów i tufów porfirowych. Spojone są czerwonym marglisto-piaszczystych spoiwem zawierającym niekiedy domieszkę materiału tufowego. Największa miąższość osadów permskich w opisywanym rejonie przekracza nieznacznie 200 m.

W trakcie wykonywania wyrobisk górniczych w tych skałach okazało się, że jakkolwiek w skali regionalnej są one praktycznie prawie nieprzepuszczalne, to lokalnie wykazują obecność stref o dość dobrej przepuszczalności. Lepszą przepuszczalność zlepieńce permskie zawdzięczają istnieniu stref spękań i szczelin.

W zlepieńcach permskich wykonano 6 próbných pompowań w dwóch otworach hydrobadawczych oraz 26 prób zalewań w 12 otworach wiertniczych. Wartości współczynników filtracji tych skał określone za pomocą próbných pompowań mieściły się w granicach $2,5 \times 10^{-8}$ — $1,6 \times 10^{-5}$ m/s, a metodą zalewania $1,0 \times 10^{-7}$ — $5,4 \times 10^{-5}$ m/s.

Leżący poniżej paleozoiczny kompleks wodonośny zbudowany jest z dolomitów i wapieni dolnokarbońskich (wapień węglowy) i dewońskich. Pod względem hydrogeologicznym omawiany kompleks reprezentuje typ zbiornika szczelinowego. Współczynnik filtracji tych skał określony na podstawie wyników próbných pompowań w dwu otworach badawczych wynosi $7,6 \times 10^{-6}$ m/s i $7,0 \times 10^{-5}$ m/s.

Drogi krążenia wód podziemnych na omawianym obszarze i w jego bezpośrednim sąsiedztwie są skomplikowane (fig. 1). Wpływa na to złożona budowa geologiczna terenu i bardzo urozmaicone warunki zasilania i drenażu poszczególnych pięter wodonośnych. Prócz tego poszczególne piętra wodonośne pozostają ze sobą w bezpośredniej więzi hydraulicznej, której typy są bardzo urozmaicone, kontury zaś stref kontaktów nie są znane poza nielicznymi wyjątkami (Wilk, Motyka, 1977).

Aktualnie w wyniku intensywnego poboru wody z triasowego piętra wodonośnego przez kopalnie rud cynkowo-ołowiowych i inne ujęcia nastąpiło odwrócenie naturalnych kierunków ruchu wód w poszczególnych piętrach wodonośnych. Przypuszczalnie uległ także intensyfikacji przepływ wód podziemnych do węglanowych utworów triasu z innych pięter wodonośnych w strefach kontaktów hydraulicznych.

W utworach permskich przepływ wody jest bardzo utrudniony. Na podstawie ogólnych przesłanek geologicznych oraz obserwacji hydrogeologicznych w otworach wiertniczych można stwierdzić, że poprzez zlepienie permu odbywała się powolna migracja wody z węglanowych osadów paleozoicznych do skał triasowego piętra wodonośnego. Obserwacje

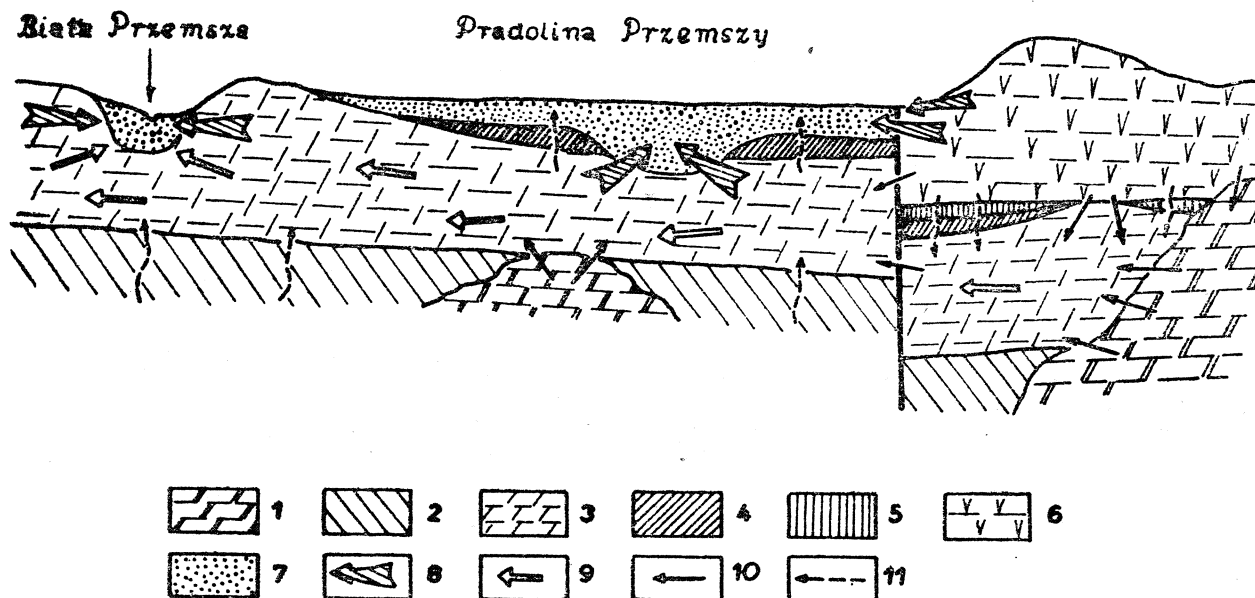


Fig. 1. Schemat krążenia wód podziemnych w rejonie olkuskim w warunkach naturalnych. 1 — dewon, seria węglanowa; 2 — perm, zlepienie; 3 — trias, ret i wapień muszlowy, seria węglanowa; 4 — trias, kajper, seria ilasta; 5 — jura, margle; 6 — jura, wapienie; 7 — czwartorzęd, piaski, rumosze; 8 — łatwa wymiana wód; 9 — umiarkowana wymiana wody; 10 — utrudniona wymiana wody; 11 — bardzo utrudniona i powolna wymiana wody

Fig. 1. Ground-water circulation in Olkusz region in natural conditions. 1 — Devonian, carbonate series; 2 — Permian, conglomerates; 3 — Triassic, Rhoethian and Muschelkalk, carbonate series; 4 — Triassic, Keuper, clay series; 5 — Jurassic, marls; 6 — Jurassic, limestones; 7 — Quaternary, sands, debris; 8 — intensive ground-water circulation and quick water exchange; 9 — moderate water exchange; 10 — difficult water exchange; 11 — very difficult and very slow water exchange

wypływów wody we wspomnianych na wstępie wyrobiskach udostępniających złoża rud pozwoliły wysunąć hipotezę, że strefy spękań i szczelin w zlepieńcach permu ułatwiają krążenie i wymianę wód pomiędzy triasowym piętrzem wodonośnym i skałami permскими (Motyka i in., 1972). Powyższe stwierdzenie wykorzystano przy interpretacji wyników badań nad chemizmem opisywanych wód.

ZAKRES I METODYKA ROZPOZNANIA HYDROCHEMICZNEGO

Hydrochemiczne badania wykonywane we wspomnianych poprzednio wyrobiskach kopalni rud obejmowały pomiary ogólnej mineralizacji wód, analizę chemiczną wód z wycieków naturalnych i sztucznych (otwory wiertnicze) wraz z oznaczaniem zawartości mikroelementów, polo-

we oznaczenia zawartości metali ciężkich i oznaczenia trytu w wypływających wodach, pobór próbek skał, wyciskanie z nich roztworów porowych i przygotowywanie wyciągów wodnych oraz badanie ich składu chemicznego. Mineralizację wód pochodzących z wycieków, wykropleń oraz otworów wyprzedzających określono na miejscu w kopalni. Pomiaru w liczbie 108 wykonywano konduktometrycznie przy pomocy solomierza MZW—1 (Wala, Witczak, 1970). Równolegle pobrano 65 próbek wód do analizy chemicznej.

Analitycznie określono główne składniki chemiczne wody, a mianowicie jony HCO_3 , SO_4 , Cl , Ca , Mg , Na i K . W 28 próbach wody wykonano także oznaczenia zawartości J i Br .

W 21 próbkach wody pobranych do analizy chemicznej oznaczano zawartość następujących mikroelementów: Ag , Al , As , B , Ba , Cd , Co , Cr , Cu , Li , Mn , Mo , Pb , Si , Sr , Ti , Zn . Oznaczenia wykonał dr inż. H. Kucha w Instytucie Geologii i Surowców Mineralnych AGH metodą spektralnej analizy emisyjnej. Przybliżonej oceny ilościowej dokonano według metodyki opisanej przez Kalinina i Fajna (1969).

Oznaczenia zawartości sumy metali ciężkich w liczbie 39 wykonywano zmodyfikowaną metodą Ivantcheffa (1958). Prosta metoda, którą zastosowano, pozwalała uniknąć trudności wynikających z dużego jak na warunki polowe stopnia skomplikowania innych metod kolorymetrycznych (Reznikow i i., 1970; Serafin-Radlicz, 1963, 1972). Pozwalała także uniknąć popełnienia błędów wynikających z obecności metali ciężkich w materiale naczyń używanych do poboru prób oraz w trakcie badań w laboratorium (Ahuja, 1973).

Badania zawartości naturalnego trytu w wodach permskich podjęto w nawiązaniu do prowadzonych już wcześniej badań tego typu, których przedmiotem były wody triasowe badanej kopalni. Celem podjętych badań było rozpoznanie ewentualnych związków między wodami obu pięter wodonośnych. Oznaczenia zawartości trytu wykonywało laboratorium Międzyresortowego Instytutu Fizyki i Techniki Jądrowej w Krakowie. Łącznie wykonano 9 oznaczeń trytu w wodach wypływających z utworów permskich. Stwierdzone koncentracje trytu mieściły się w przedziale od 0 do 30 T. U. Koncentracje trytu w 6 przypadkach były bardzo niskie. Uwzględniając dokładność oznaczeń, która wynosi 3 T.U., można było uznać, że w wymienionych przypadkach stwierdzona zawartość trytu była bliska granicy detekcji. Najwyższą koncentrację trytu (30 T. U.) stwierdzono w wodzie pochodzącej z otworu dołowego odwierconego niemal do spągu utworów triasowych. Pozostałe dwie próbki wody zawierające tryt w ilościach 11 T. U. i 18 T. U. pochodziły z naturalnych wycieków ze stref spękań, które mogły być drogami kontaktu wód permskich z wodami triasowymi.

Na próbkach skał permskich, które pobrano z wyrobisk kopalni rud, wykonano badania roztworów porowych. Skały te, pozornie suche i bez-

wodne, okazały się w dość znacznym stopniu nasycone roztworem porowym. Świadczy o tym ich wilgotność wynosząc średnio około 6%, a dochodząca nawet do 19%. Roztwory porowe zawarte w zlepieńcach perm-skich badano według metodyki opisanej szerzej w pracy Witczaka (1971). Próbkę skał pobierano z przodków i ociosów czynnych wyrobisk kopalnianych. Ogółem pobrano 134 próbki, starając się opróbować w miarę możliwości równomiernie wszystkie wyrobiska kopalni, których długość przekraczała 6000 m.

W laboratorium poddano ciśnieniu 1000—4000 kG/cm² próbki skał umieszczone w specjalnym cylindrze (Nomikos, Kriukow, 1962), wyciskając pewną niezbędną do dalszych badań objętość roztworu porowego. Czas potrzebny do wyciśnięcia roztworu wynosił od jednego do kilku dni. Uzyskiwano przy tym od 0,20 do prawie 4,0 cm³ roztworu zależnie od naturalnej wilgotności skały, która wahała się od 3,0—18,8%.

Mineralizację roztworu porowego oznaczano konduktometrycznie wspomnianym poprzednio solomierzem przy użyciu miniaturowego naczynka pomiarowego. Stężenie chlorków oznaczano argentometrycznie. Przy wyciskaniu roztworów porowych w 13 przypadkach stosowano kilka stopni ciśnienia, uzyskując odpowiadające im frakcje roztworu porowego o różnym stopniu związania ze skałą. Poszczególne frakcje były badane podobnie, jak to opisano wyżej.

Równolegle z badaniem roztworów porowych wyciskanych ze skał, przed i po każdym wyciskaniu, oznaczano wilgotność skały oraz z tego samego kawałka próbki sporządzano tzw. „wyciągi wodne”. Koncentrację chlorków w wyciągach wodnych określano według metodyki podanej przez Witczaka (1971).

WYNIKI BADAŃ CHEMIZMU WÓD WOLNYCH

Na podstawie scharakteryzowanych w poprzednim rozdziale badań hydrochemicznych uzyskano pełny obraz chemizmu wód wyciekających ze zlepieńców perm-skich, w których wykonano wyrobiska udostępniające złożę rud. Badania zawartości metali ciężkich rzuciły także światło na związki wód w utworach permu z wodami krążącymi w nadległych utworach triasu. Miejsca poboru niektórych z 65 próbek wody wraz z diagramami kołowymi charakteryzującymi ich skład chemiczny przedstawiono na fig. 2.

Mineralizacja wód w utworach permu waha się w granicach od 0,33 do 21,6 g/l. Przyjmując jako kryterium podziału ogólną mineralizację, można wśród wód perm-skich wyróżnić następujące cztery grupy: wody słodkie (mineralizacja $M < 1$ g/l), wody słonawe ($1 < M < 5$ g/l), wody słone ($5 < M < 10$ g/l) i wody bardzo słone ($M > 10$ g/l).

W przypadku grup drugiej, trzeciej i czwartej skład chemiczny (fig. 3) wykazuje małe zróżnicowanie, jeśli chodzi o proporcje między katio-

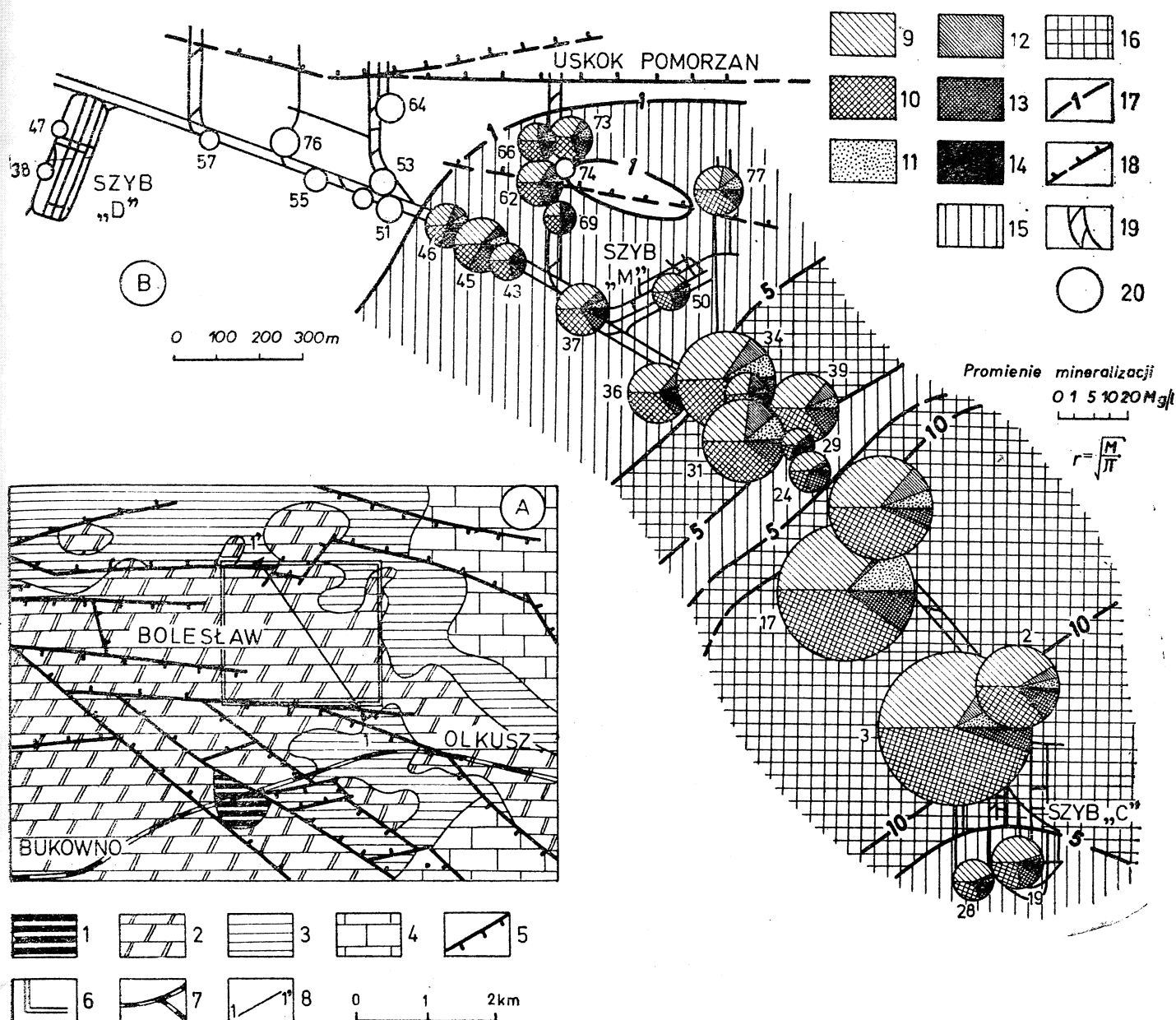


Fig. 2A. Schematyczna mapa geologiczna rejonu badań. 1 — utwory paleozoiczne; 2 — dolomity i wapienie triasu dolnego i środkowego; 3 — ilaste utwory kajpru; 4 — wapienie jury; 5 — ważniejsze dyslokacje; 6 — granice obszaru badań hydrochemicznych w wyrobiskach kopalnianych; 7 — kolej; 8 — linia przekroju hydrogeochemicznego

Fig. 2A. Geological sketch-map of the investigated area. 1 — Paleozoic formations; 2 — Lower and Middle Triassic, dolomites and limestones; 3 — Keuper, clay series; 4 — Jurassic, limestones and marls; 5 — more important dislocations; 6 — limits of the hydrogeochemical investigated area in the mine; 7 — railway; 8 — hydrogeochemical cross-section line.

Fig. 2B. Mapa chemizmu wód permskich. 9 — Na+K; 10 — Cl; 11 — Ca; 12 — Mg; 13 — SO₄; 14 — HCO₃; 15 — obszar występowania wód o mineralizacji 1 g/l < M < 5 g/l; 16 — obszar występowania wód o mineralizacji M > 5 g/l; 17 — izolinie mineralizacji wód; 18 — uskoki; 19 — główne wyrobiska kopalniane; 20 — miejsca występowania wód słodkich (M < 1 g/l)

Fig. 2B. Permian waters chemical composition. 9 — Na+K; 10 — Cl; 11 — Ca; 12 — Mg; 13 — SO₄; 14 — HCO₃; 15 — area of low mineralized waters occurrence (1 g/l < M < 5 g/l); 16 — moderate and high mineralized waters occurrence (M > 5 g/l); 17 — water mineralization isolines g/l; 18 — fault; 19 — contour of the principal mine roads; 20 — sites of fresh water occurrence (M < 1 g/l; r-mineralization radius.

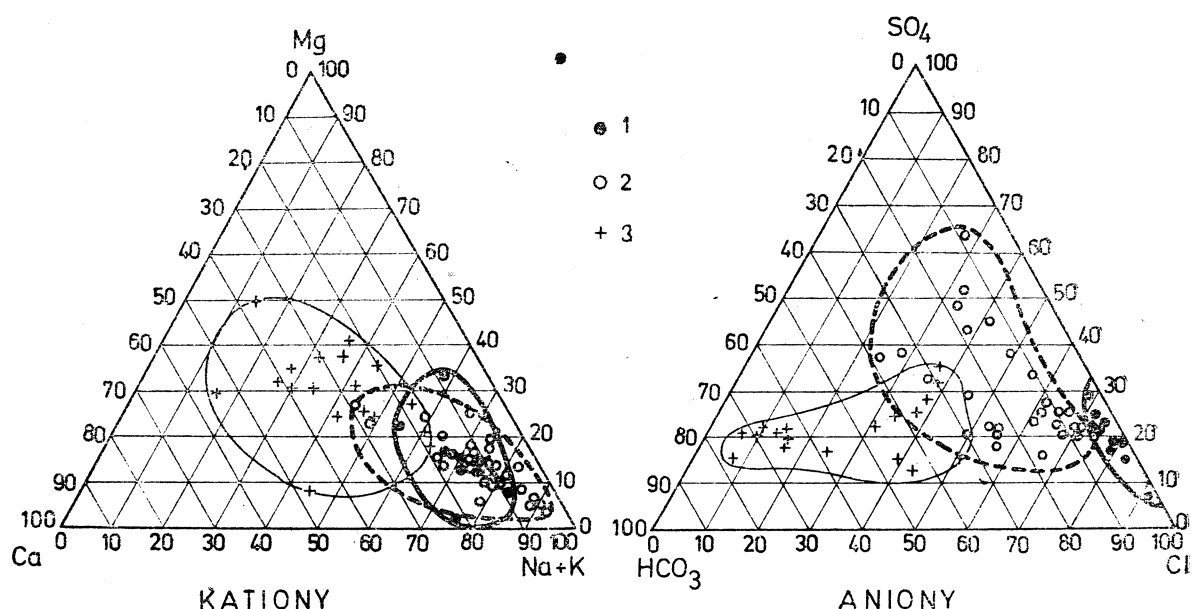


Fig. 3. Skład wód permских. 1 — wody słodkie o mineralizacji poniżej 1 g/l; 2 — wody słonawe o mineralizacji od 1 do 5 g/l; 3 — wody słone o mineralizacji powyżej 5 g/l

Fig. 3. Permian waters chemical composition. 1 — fresh water; 2 — low mineralized water; 3 — moderate and high mineralized water

nami. Natomiast wymienione grupy wód wyraźnie różnią się proporcjami w składzie anionów. Charakter chemiczny wód grupy pierwszej różni się znacznie od pozostałych i to zarówno, jeśli chodzi o proporcje między kationami, jak i anionami.

Na podstawie 18 analiz wody słodkie można scharakteryzować następującym wzorem Kurlowa:

$$M_{0,33-0,95} \frac{Cl^{18-58} SO_4^{13-36} HCO_3^{27-75}}{Na^{9-63} Mg^{19-49} Ca^{18-54}}.$$

W przeważającej większości są to więc wody typu mieszanego według nazewnictwa Altowskiego i Szwieca (1956) (fig. 4). Wyniki 36 analiz wód słonawych o mineralizacji 1—5 g/l ujmuje syntetycznie wzór:

$$J^{0,1-1,6} Br^{0,1-7,0} M_{1,1-5,0} \frac{Cl^{24-75} SO_4^{17-63} HCO_3^{4-39}}{Na^{44-94} Mg^{2-27} Ca^{2-29}}.$$

Większość z nich to wody o charakterze Na-Cl-SO₄ lub Na-SO₄-Cl (Altowski, Szwiec, op. cit.). Poza tym część wód wykazuje podwyższoną zawartość jonów HCO₃ i Mg (Witczak i inni, 1975). Wody te mają więc pewne znamiona wód glauberskich (Na-SO₄), bądź gorzkich (Mg-SO₄) rzadko spotykanych w Polsce (fig. 5).

Wody słone o mineralizacji 5—10 g/l są wodami typu Na-Cl-SO₄ niekiedy z podwyższoną zawartością jonów magnezowego i wapniowego. Podobnie jak wody słonawe wykazują one niekiedy cechy wód glauberskich o podwyższonej zawartości jonów Na i SO₄.

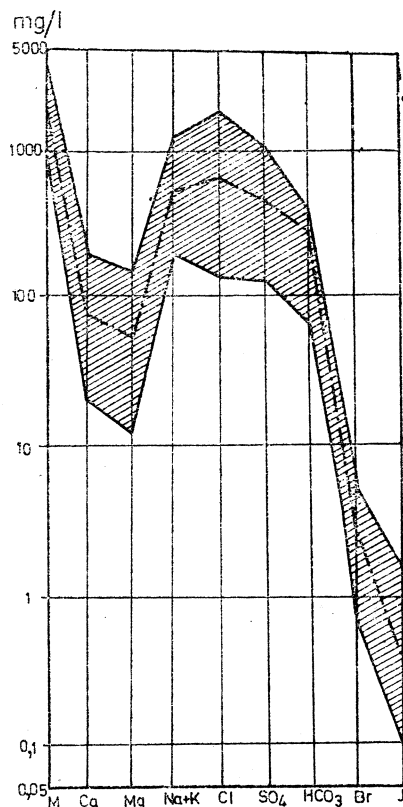


Fig. 4

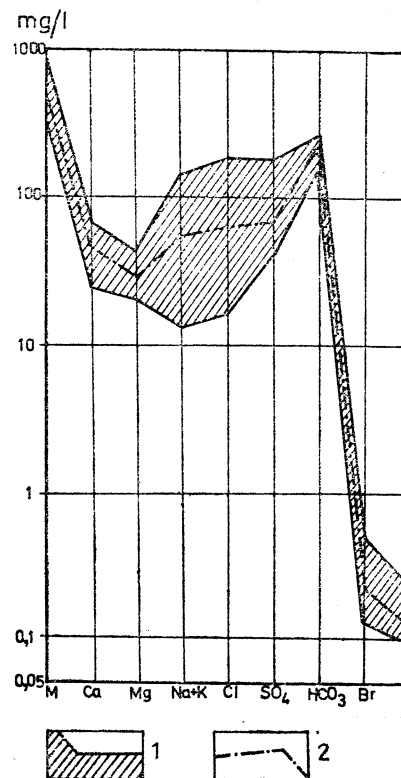


Fig. 5

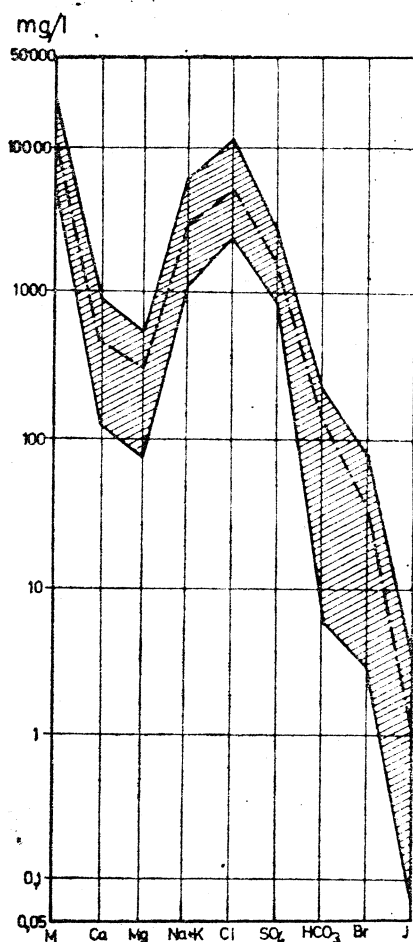


Fig. 6

Fig. 4. Wykres Schoellera dla wód o mineralizacji poniżej 1 g/l; 1 — granice obszaru mineralizacji i zawartości poszczególnych jonów; 2 — średnia mineralizacja i zawartość poszczególnych jonów

Fig. 4. Schoellers' diagram for fresh water. 1 — limits of mineralization and ionic content areas; 2-average mineralization and ionic content

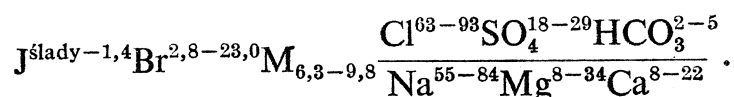
Fig. 5. Wykres Schoellera dla wód o mineralizacji 1—5 g/l. Objaśnienia jak do fig. 4

Fig. 5. Schoellers' diagram for low mineralized waters. Explanations as in Fig. 4

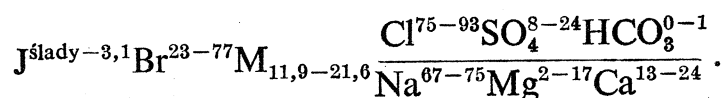
Fig. 6. Wykres Schoellera dla wód o mineralizacji powyżej 5 g/l. Objaśnienia jak do fig. 4

Fig. 6. Schoellers' diagram for moderate and high mineralized waters. Explanations as in Fig. 4

Skrócony zapis wyników 6 analiz ma dla wód o mineralizacji 5—10 g/l postać



Wody słone o mineralizacji powyżej 10 g/l są typowymi roztworami chlorku sodu niekiedy z podwyższoną zawartością jonów siarczanowego i wapniowego (fig. 6). Ponadto wody te zawierają brom w ilości 25—77 mg/l i jod w ilościach do 3 mg/l, co nadaje im cechy wód bromkowych i bromkowo-jodkowych. Można je na podstawie 5 analiz scharakteryzować następującym wzorem Kurlowa:



Wyniki spektrofotometrycznych oznaczeń drugorzędnych składników badanych wód oraz niektórych mikroelementów zestawiono w tabeli 1.

Badania zawartości metali ciężkich i naturalnego trytu oraz spektralne oznaczenia w nich mikroelementów miały głównie na celu rozpoznanie ewentualnych związków między wodami permskimi a wodami krążącymi w nadległych węglanowych utworach triasu. W wyniku tych badań stwierdzono, że wpływ słodkich wód triasowych manifestuje się jako zmniejszenie mineralizacji wód w utworach permu, wzrost w nich za-

Tabela 1

Zawartość pierwiastków rzadkich w wodach permskich

Mikro- element	Liczba oznaczeń	Zawartość mg/l		Mikro- element	Liczba oznaczeń	Zawartość mg/l	
		od	do			od	do
Ag	11	0,35	2,5	Li	21	105,0	650,0
Al	20	7,0	220,0	Mn	7	3,5	120,0
As	2	40,0	90,0	Mo	12	3,5	70,0
B	21	ślady	ślady	Pb	5	4,0	45,0
Ba	20	4,0	6000,0	Si	21	35,0	1200,0
Cd	2	21,0	22,0	Sr	21	120,0	11000,0
Co	3	3,5	4,5	Ti	9	25,0	200,0
Cr	16	1,7	220,0	Zn	21	ślady	25,0
Cu	20	0,7	40,0				

wartości metali ciężkich i trytu, a także pojawianie się mikroelementów charakterystycznych dla wód triasowych. Wiąże się to z tym, iż wody triasowe krążące między innymi w złożach rud i utworach je otaczających odznaczają się zawartościami sumy metali ciężkich w ilościach po-

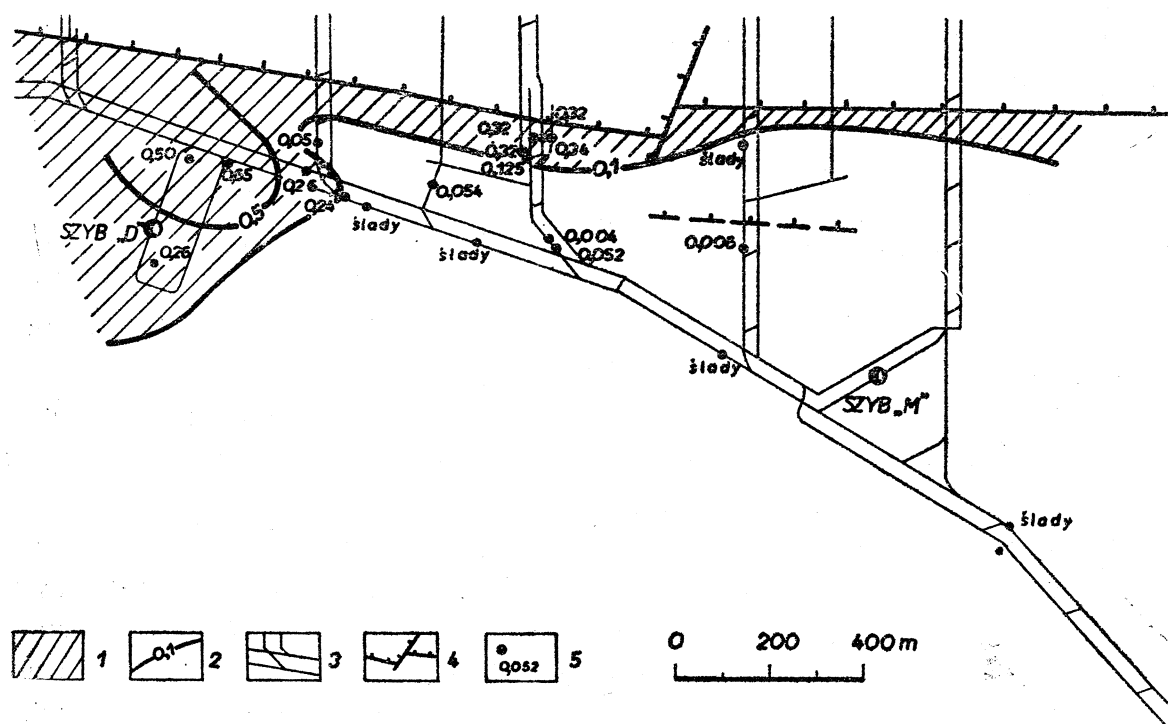


Fig. 7. Mapa zawartości sumy metali ciężkich (Zn + Pb + Cu) w wodach badanej kopalni na głębokości 150 m. 1 — obszar występowania wód permskich o zawartości sumy metali powyżej 0.1 mg/l; 2 — izolinie zawartości sumy metali ciężkich w mg/l; 3 — wyrobiska kopalniane; 4 — uskok (na północ od uskoku na głębokości 150 m występują utwory triasu); 5 — miejsca poboru próbek wody z zaznaczoną zawartością sumy metali ciężkich w mg/l

Fig. 7. Heavy metals sum (Zn + Pb + Cu) content in the waters of the investigated mine at 150 m of depth. 1 — occurrence area of Permian waters with heavy metals content above 0.1 mg/l; 2 — heavy metals content isolines in mg/l; 3 — mine galleries; 4 — fault (in the downthrown side of the fault at 150 m of depth, Triassic carbonate rocks appear); 5 — sites of water sampling (the sum of heavy metals content in mg/l)

wyżej 0,1 mg/l, średnio około 1,0 mg/l. Występują w nich także w niewielkich ilościach mikroelementy (metale) towarzyszące złożom rud cynkowo-ołowiowych. Stosunkowo łatwa wymiana tych wód oraz kontakt z infiltrującymi, bogatymi w tlen wodami atmosferycznymi powodują intensywną korozję złóż rud i przeprowadzenie metali wchodzących w ich skład do roztworu.

Zlepienie permskie w badanym rejonie nie są okruszczowane. Ich niewielka przepuszczalność i utrudniony kontakt wód permskich z wodami triasowymi powoduje, że te pierwsze nie zawierają metali ciężkich. Jedynie w strefach wymiany i wpływu wód triasowych obserwuje się w wodach permskich obecność metali ciężkich w ilościach od śladowych do przekraczających 0,5 mg/l (fig. 7).

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA CHEMICZNA ROZTWORÓW POROWYCH

Zlepiénce permskie okazały się w dość znacznym stopniu nasycone roztworami porowymi, mimo iż często, co wynikało z zasady równomiernego opróbowania, próby skał były pobierane z miejsc optycznie wyglądających na suche lub słabo wilgotne.

Roztwory porowe wyciśnięte ze skał permских posiadały pH w granicach od 5,4 do 7,5, przy czym w większości przypadków pH nie przekraczało 6,8. Mineralizacja ich wahała się od 740 do 26 100 mg/l i zawierała się w podobnych granicach, jak mineralizacja wód wolnych wpływających z utworów permu. Zawartość jonu chlorkowego w roztworach porowych zawiera się w dość szerokich granicach, bo od 50 do około 16 400 mg/l. Stwierdzono (Motyka i in., 1972) ścisły związek między zawartością chlorków w wyciągach wodnych sporządzonych z prób skały przed wyciskaniem i ich zawartością w roztworach porowych wyciśniętych z tych samych próbek skał.

Koncentracja jonu chlorkowego stwierdzona w wyciągu wodnym jest około 1,6 razy niższa od jego koncentracji w roztworze porowym wyciśniętym ze skały i około 1,2 razy wyższa od koncentracji Cl w roztworze porowym pozostałym w skale po wyciskaniu. Podobnie w kolejnych frakcjach wyciskanego roztworu porowego koncentracja jonu chlorkowego spada. Zjawisko to jest znane z literatury (Kriukow, 1964; Żuczkowa, Kriukow, 1968 Motyka i in., 1972) i wynika z różnego stopnia związania wody ze skałą porową, a tym samym różnej zdolności rozpuszczania soli.

Bilans chlorków wskazuje również, że praktycznie cała ich ilość oznaczona w wyciągu występuje rozpuszczona w formie roztworu porowego, a nie ma chlorków występujących w skale w stanie stałym (Motyka i in., 1972). Wyniki badań wyciągów wodnych i roztworów porowych dla tych samych próbek skał pozwoliły określić w nich zależność między koncentracjami chlorków. Oprócz tej zależności stwierdzono także ścisłą zależność między zawartością jonu chlorkowego w wodach wolnych i roztworach porowych (fig. 8). Na zjawisko to już wcześniej zwrócili uwagę Motyka i in. (1972).

Roztwory porowe wyciśnięte ze skał permских posiadają praktycznie identyczną mineralizację i zawartość chlorków jak wody pochodzące z wycieków i wykropleń. Stwierdzono to przede wszystkim w tych przypadkach, kiedy próby skały, z której wyciskano roztwór porowy, były pobierane obok wypływów wody wolnej bezpośrednio lub w niedługim czasie po wydrążeniu nowego odcinka przekopu. Należy jednak zaznaczyć, że o ile zgodność mineralizacji i zawartości chlorków jest duża dla wysokich mineralizacji i koncentracji chlorków, o tyle przy niskich mineralizacjach zależność ta jest słabsza.

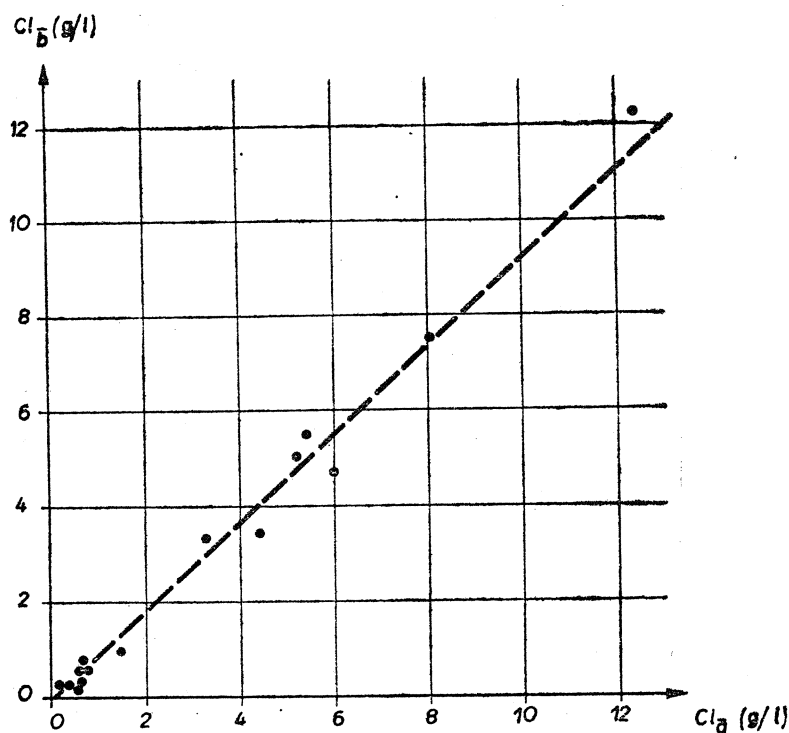


Fig. 8. Związek zawartości jonu chlorkowego w roztworze wyciśniętym ze skały (Cl_a) i w wodach z wycieków (Cl_b)

Fig. 8. Relation between chloride ion content in pore solutions (Cl_a) and in gravity ground-waters (Cl_b)

STREFOWOŚĆ HYDROCHEMICZNA I JEJ ZWIĄZEK Z BUDOWĄ GEOLOGICZNĄ

Znaczna ilość obserwacji hydrochemicznych na niedużym obszarze pozwala na stosunkowo dokładne udokumentowanie prawidłowości w rozmieszczeniu wód o różnej mineralizacji i składzie w skałach perm-skich. Całość obserwacji wskazuje na występowanie regularnej pionowej i poziomej strefowości hydrochemicznej (fig. 9).

Pionowa strefowość hydrochemiczna wyraża się stopniowym wzrostem mineralizacji wód wraz z głębokością poniżej stropu utworów perm-skich. Świadczą o tym wyniki badań w przekopie głównym biegnącym na różnej głębokości poniżej stropu permu oraz rezultaty analiz w otoczeniu szybu „C” (fig. 10). W stropowej partii utworów perm-skich występują wody słodkie o mineralizacji podobnej do wód krążących w nadległych węglanowych utworach triasowych. Na głębokości przekopu głównego mineralizacja wód osiąga maksymalnie około 22 g/l. Stopień hydrogeochemiczny obliczony na podstawie przekroju (fig. 9) wynosi przeciętnie 3—15 m na 1 g/l, co oznacza stosunkowo szybki wzrost mineralizacji wód wraz z głębokością.

W strefach sąsiadujących z uskokiem oraz w partiach, gdzie utwory perm-skie są bardziej przepuszczalne (strefy spękań), obserwuje się głębsze wysłodzenie wód zmineralizowanych wyrażające się mniejszymi

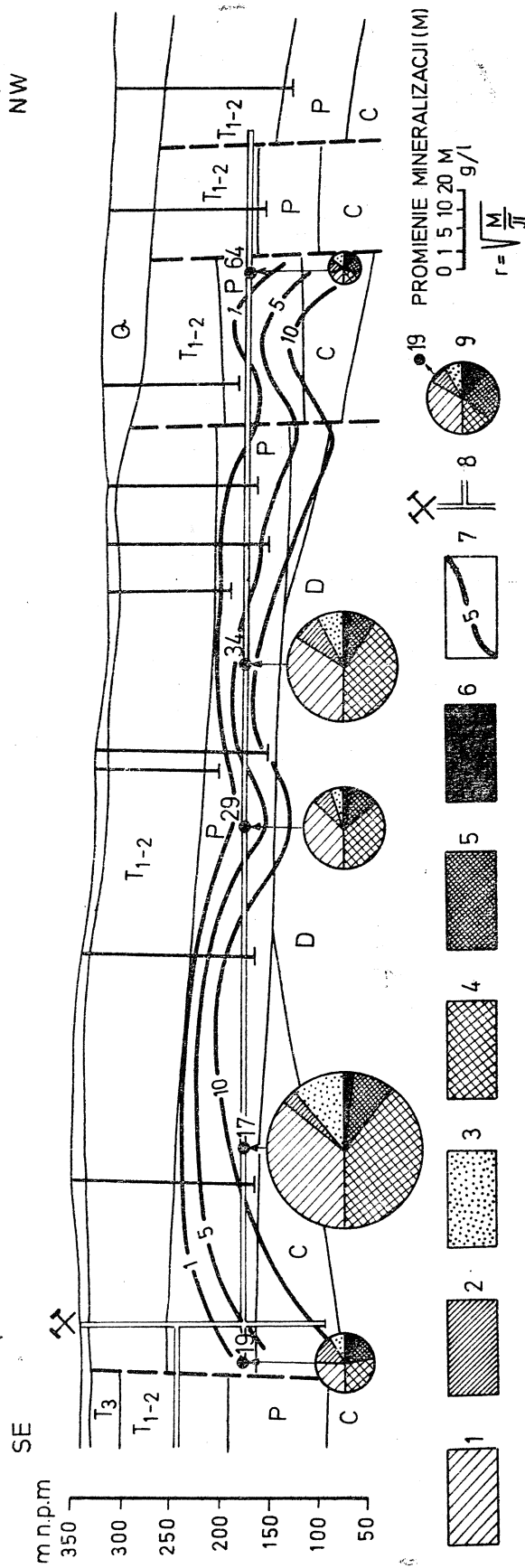


Fig. 9. Przekrój hydrochemiczny wzdłuż przekopu głównego rozpatrywanej kopalni. 1 do 6 skład jonowy wody. 1 — Na + K; 2 — Mg; 3 — Ca; 4 — Cl; 5 — SO₄; 6 — HCO₃; 7 — izolinie mineralizacji w g/l; 8 — wyrobiska górnicze; 9 — miejsce poboru próbki wody z diagramem jej składu chemicznego; r — promień mineralizacji; D — dewon; C — karbon; P — perm; T₁₋₂ — trias, wapień muszlowy i ret; T₃ — kajper; Q — czwartorzęd

Fig. 9. Hydrochemical cross-section along the main drive of the investigated ore mine. 1 to 6 ionic groundwater content. 1 — Na + K; 2 — Mg; 3 — Ca; 4 — Cl; 5 — SO₄; 6 — HCO₃; 7 — total mineral content isolines; 8 — mine workings; 9 — water samples localization, total mineralization and ionic content represented by circular diagram; r — mineralization radius; D — Devonian; C — Carboniferous; P — Permian; T₁₋₂ — Triassic, Muschelkalk and Rhoethian; T₃ — Keuper; Q — Quaternary

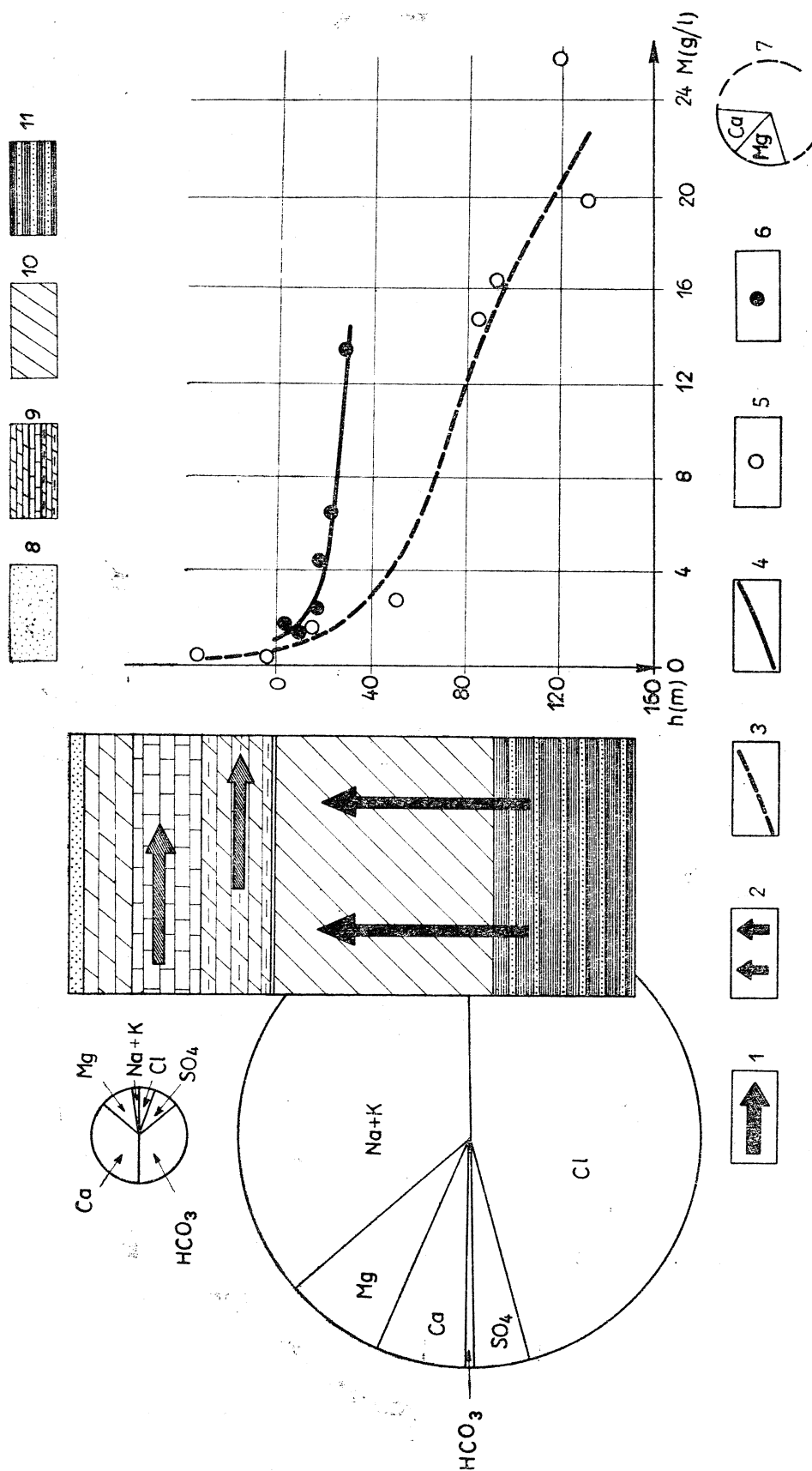


Fig. 10. Krażenie wód w otoczeniu badanej kopalni. 1 — kierunki intensywnego przepływu wód słodkich w szczelinach utworach triasu; 2 — kierunki dyfuzyjnego przenoszenia soli w roztworach porowatych skał permu i karbonu; 3 — zmiany mineralizacji wód w profilu pionowym; 4 — zmiany mineralizacji roztworów porowatych w profilu pionowym; 5 — punkty z określoną mineralizacją wód; 6 — punkty z określoną mineralizacją roztworów porowatych; 7 — przykładowe wykresy składu jonowego wód; 8 — czwartorzęd; 9 — trias; 10 — perm; 11 — karbon

Fig. 10. Ground-water circulation pattern in the investigated area. 1 — direction of intensive fresh water movement in Triassic fissured rocks; — direction of salt diffusion transport in the pore solutions of Permian and Carboniferous rocks; 3 — gravity groundwaters mineralization; 4 — pore-solutions mineralization; 5 — points of determined gravity ground-water mineralization; 6 — points of determined pore-solution mineralization; 7 — example of chemical gravity ground-water composition; 8 — Quaternary; 9 — Triassic; 10 — Permian; 11 — Carboniferous

wartościami stopnia hydrogeochemicznego. Związek strefowości hydrochemicznej z występowaniem uskoków lub towarzyszącą im podwyższoną szczelinowatością utworów permu jest tak regularny, że stał się podstawą do określania odległości, jaka dzieli przodek wyrobiska górniczego drążonego w stronę uskoku od tej dyslokacji (Motyka i in., 1972).

Pozioma strefowość hydrochemiczna (fig. 2, 9) wynika głównie z intersekcyjnego przecięcia stref utworzonych w profilu pionowym i odzwierciedla te same prawidłowości co strefowość pionowa.

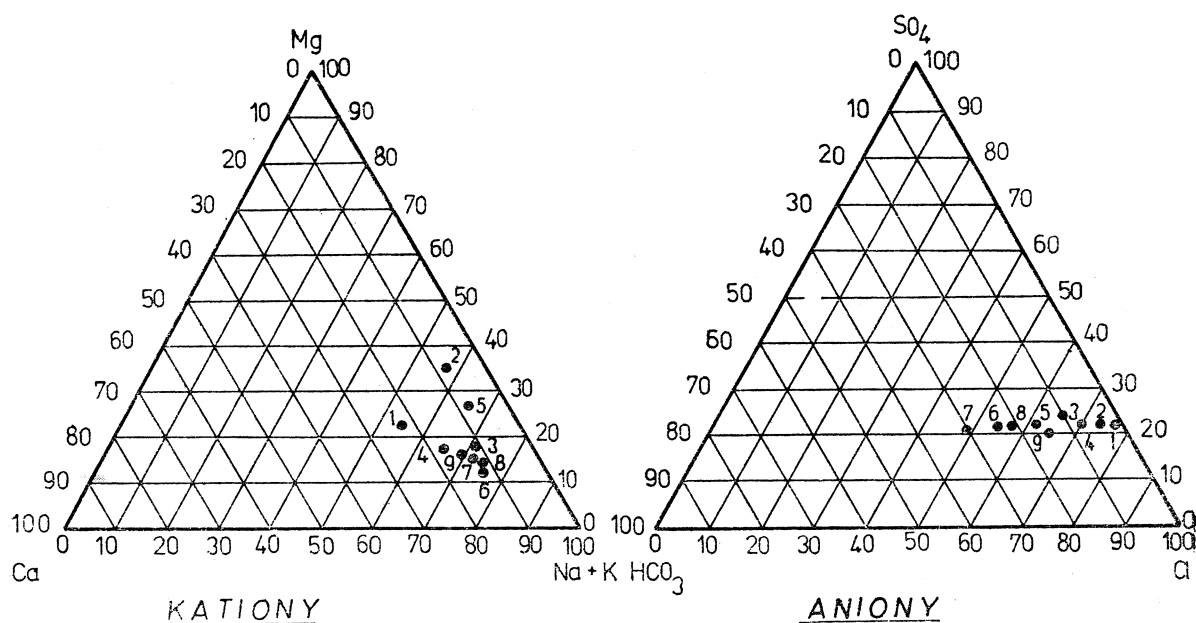


Fig. 11. Zmiany składu wód z dołowego otworu badawczego 243 w miarę upływu czasu. 1 — numery oznaczają kolejność poboru próbek do analiz chemicznych. Analizy wykonywano w odstępach czasu od kilku dni do kilku miesięcy

Fig. 11. Water composition temporal changes (samples from the underground test hole No 243). Numbers designing the sequential sampling for chemical analysis. Analysis time distance from every few days to every few months

Naświetlona wyżej strefowość dotyczy rozmieszczenia zarówno wód wolnych, jak i wód porowych niezdolnych do swobodnego odsączenia się ze skały. Praktycznie cała masa skał jest nasycona wodami, tworząc jednolity termodynamicznie system, który cechuje stosunkowo regularne strefowe rozmieszczenie roztworów o różnej mineralizacji. W warunkach zaburzonych robotami górniczymi zdarza się, że wypływy ze stref spękań charakteryzuje stopniowy spadek mineralizacji wody w czasie (Witczak i in., 1975). Wynika to z drenującego charakteru wyrobisk i przenikania z góry wód o niższej mineralizacji.

Charakterystyczny przykład (fig. 11) wskazuje, że wraz ze spadkiem mineralizacji następuje w składzie tych wód wzrost procentowego udziału jonów Na^+ i HCO_3^- . Jest to proces typowy dla strefy wypierania wód słonych przez wody słodkie. W sprzyjających okolicznościach może więc dojść do tworzenia się interesujących z punktu widzenia balneolo-

gii wód o typie Na-HCO_3 lub $\text{Na-HCO}_3\text{-SO}_4$. Eksploatacja wód z tej strefy byłaby jednak trudna ze względu na to, że w miarę szczyptywania wody jej skład chemiczny może ulegać zmianie.

GENEZA STREFOWOŚCI HYDROCHEMICZNEJ

Jako źródło chlorkowej mineralizacji wód w skałach permskich mogłyby wchodzić w rachubę:

- wody środowiska, w którym sedymentowały osady permskie;
- permskie wody infiltracyjne (meteoryczne) zmienione pod wpływem czynników klimatycznych (zasolenie kontynentalne). W związku z tym należy przypomnieć, że utwory permskie omawianego rejonu uważa się (Siedlecki, 1951; Siedlecka, 1964) za osad kontynentalny związany z tworzeniem się stożków napływowych lub osadzony w zbiornikach jeziornych w warunkach klimatu gorącego, suchego, pustynnego lub półpustynnego z okresowymi burzowymi opadami. Nieco dalej ku zachodowi w osadach tych występują ily z gipsem lub nawet solą (Rutkowski, 1928);
- wody mórz młodszych, które przeniknęły do skał permskich. W pierwszym rzędzie mogłyby to być wody morza dolnotriasowego;
- wstępujące wody reliktoze zawarte w osadach starszych od permu, przede wszystkim dolnokarbońskich lub dewońskich.

Jako źródła pierwotnego chlorkowej mineralizacji dyskutowanych wód nie można także wykluczyć roztworów juwenilnych.

Układ pionowej strefowości hydrochemicznej oraz wspomniana wyżej termodynamiczna ciągłość systemu wskazuje na dwustrony kierunek migracji roztworów wypełniających osady permskie. Według autorów obserwowany skład roztworów nasycających skały permskie ukształtował się w wyniku dwu głównych czynników:

- dyfuzyjnego i konwekcyjnego przenikania soli z głębszych stref profilu,
- dyfuzyjnego i konwekcyjnego wysłodzenia i wynoszenia ich przez słodkie wody wnikaające z utworów triasu.

Autorzy uważają, że wody występujące w osadach permskich nie mogły być wodami synsedymenacyjnymi lub pochodzącymi z zasolenia kontynentalnego, zachowanymi w tych osadach do dzisiejszych czasów, ani też descenzyjnymi wodami morza triasowego.

Analiza paleohydrogeologiczna wykazuje istnienie kilku okresów infiltracyjnych, w których trakcie wody sedymentacyjne z okresu permskiego lub młodsze mogły ulec wysłodzeniu w drodze dyfuzji. Ostatni okres infiltracyjny trwa od początku trzeciorzędu, a więc około 67 mln lat. W takim czasie dyfuzyjne wysłodzenie wód porowych powinno objąć strefę o miąższości od 250—930 m zależnie od charakteru skał (Smirnow, 1971, 1976). Miąższość zachowanych na początku trzeciorzędu skał

pokrywających osady permskie nie mogła przekraczać około 400 m. Ze-stawienie powyższych danych wskazuje, że nawet, jeśli nie bierze się pod uwagę konwekcyjnego (filtracja) przemycia wodami infiltracyjnymi utworów triasowych, sama dyfuzja spowodowałaby, że wody porowe z okresu sedymentacji osadów permskich lub młodszych powinny ulec wysłodzeniu.

Według Smirnowa (1971) kształt krzywej wzrostu mineralizacji podobny do pokazanego na fig. 10 wskazuje, że słone wody porowe wypełniają nie tylko utwory permu, ale również zalegające głębiej serie skał, tworząc regularną strefowość hydrochemiczną, charakterystyczną dla dyfuzyjnie wysładzanych serii osadowych.

Regularny układ stref wynikający z działania dyfuzji jest w rejonach silniej przepuszczalnych (strefy spękań) zniekształcony częściowo przez procesy konwekcyjnego przenikania (infiltracji) wód słodkich z utworów triasu (fig. 9). Wody słodkie krążące w triasie przepływają w ten sposób stropową część utworów permu oraz odprowadzają dyfuzyjnie wynoszone sole z głębszych części profilu (fig. 10). W sprzyjających okolicznościach wody słone z głębiej położonych serii skalnych mogą przenikać konwekcyjnie ku górze. Potencjalne możliwości takiej migracji wynikają z wyższych ciśnień hydrostatycznych panujących w utworach dewońskich w stosunku do wód w utworach triasu. Co prawda na omawianym obszarze nie zarejestrowano migracji wód słonych ku górze wzdłuż uprzywilejowanych stref, nie można jednak wykluczyć takiego procesu w rejonach sąsiednich.

Skład chemiczny wód w osadach permskich, a szczególnie niska wartość wskaźnika chlorkowo-bromkowego Cl/Br równa około 250 wskazuje na reliktowy charakter tych wód. Są to przypuszczalnie kopalne wody basenów sedymentacyjnych z epok geologicznych poprzedzających perm. Przytoczona wartość wskaźnika Cl/Br przemawia również za tym, że źródłem jonu chlorkowego nie jest wymywanie soli ze skał permskich. Według opinii autorów opartej na podanych wyżej rozważaniach zasadniczy magazyn wód słonych znajduje się poniżej osadów permskich. Głównym składnikiem migrującym dyfuzyjnie i przypuszczalnie częściowo konwekcyjnie z głębi przez osady permu są chlorki. Kationy, jak Ca, Mg, Na, mogą migrować dyfuzyjnie, chociaż dostatecznie zasobne źródło tych pierwiastków istnieje w samych skałach permskich.

Skład roztworów porowych w takich utworach jak rozpatrywane skały permskie zwykło się uznawać za reprezentatywny dla warunków sedymentacji tych serii skalnych. Stwierdzona przez autorów zbieżność mineralizacji i zawartości chlorków między wodami wolnymi a roztworami porowymi nasycającymi skały permskie powodują konieczność zmiany tradycyjnego poglądu na zachowanie się roztworów porowych w skałach praktycznie nieprzepuszczalnych.

W omawianych w pracy warunkach regularna strefowość hydroche-

miczna występująca w obrębie roztworów porowych jest związana z podanymi poprzednio czynnikami, a nie z warunkami sedymentacji. Według autorów cały system hydrogeochemiczny jest w czasie geologicznym na tyle mobilny, że trudno mu zachować cechy pierwotne z okresu tworzenia się osadów. Dlatego też wnioskowanie o warunkach sedymentacji na podstawie zasolenia roztworów porowych jest złudne i nie powinno mieć miejsca. Wody porowe i ta ich część, która stanowi wodę wolną, to układ termodynamicznie ciągły nie oddzielony żadną przegrodą. Jednym z najsilniejszych czynników powodujących przenoszenie soli w tym systemie jest — według autorów — proces dyfuzji przebiegający zarówno w obrębie wód wolnych, jak i wód związanych siłami fizycznymi ze skałą.

*Maszynopis nadesłano IV 1978
przyjęto do druku VI 1978*

WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Ahuja S. i inni (1973), Chemical analysis of the environment and other modern techniques. *Progress in analytical chemistry*. Vol. 5, New York-London.
- Altowski M. E., Szwiec W. M. (1956), K voprosu o nomenklature chemiczno-skiego sostava podzemnych vod. *Vopr. gidrogeol. i inż. geol.* sb. 14, Moskwa.
- Ivantscheff G. (1958), Das Dithizon und seine Anwendung in der Mikro- und Spurenanalyse, Verlag Chemie, Mannheim.
- Kozioł S. (1952), Budowa Geologiczna Pustyni Błędowskiej (Geological structure of the Błędów Desert). *Biul. PIG* 65, pp. 383—416.
- Kriukow P. A. (1964), Nekotoryje voprosy issledovanija gornych roztworow. W sb. *Chimija zemnoj kory*, t. II, pp. 456—468.
- Motyka J., Niewdana J., Witczak S. (1972), Hydrochemiczna metoda przewidywania zawodnionych stref uskokowych w warunkach jednej z kopalń rud cynku i ołowiu (The hydrochemical method of forecasting flooded fault zones under the conditions of a zinc and lead mine). *Zesz. Nauk. AGH* 375, *Zesz. Specj.* 37, pp. 141—157.
- Motyka J., Wilk Z. (1976), Pionowe zróżnicowanie wodoprzepuszczalności węglanowych skał triasowych w świetle statystycznej analizy wyników próbnych pompowań (monoklina śląsko-krakowska). (Vertical variation of permeability of the carbonate Triassic rocks in the vicinity of Olkusz as revealed by pumping tests). *Kwart. geol.* 20, 2, pp. 381—399.
- Nomikos L. J., Kriukow P. A. (1962), Vydelenije gornych roztvorow otpressowywanijem zamosceniem spirtom. W sb. *Sovr. met. anal. prirod. vod*, pp. 187—194.
- Rutkowski F. (1928), Otwór świdrowy w Głazówce (Forage profond a Głazówka près Zawiercie). *PIG Pos. nauk.*, pp. 19—20.
- Serafin-Radlicz J. (1963), Problemy metaloności wód wglębnych z rejonu Bolesławia (Problems of metalicarring of deep waters in Bolesław region). *Kwart. geol.* 7, 1, pp. 37—52.
- Serafin-Radlicz J. (1972), Przydatność anomalii hydrochemicznych do poszukiwań złóż kruszców cynku i ołowiu w północno-wschodniej części Górnego Śląska (The Use of Hydrochemical Anomalies in Prospecting for Zinc and Lead Deposits in the North-Eastern Part of Upper Silesia). *Inst. Geol. Biul.* 255, pp. 99.

- Siedlecka A. (1964), Osady permu na północno-wschodnim obrzeżeniu Zagłębia Górnośląskiego (Permian in the north-eastern border of the Upper Silesia Coal Basin). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 34, 3, pp. 309—385.
- Siedlecki S. (1951), Utwory stefañskie i permskie we wschodniej części Polskiego Zagłębia Węglowego (Le Stéphanien et le Permien dans la partie orientale du Bassin Houiller Polonais). *Acta geol. pol.* 2, 1/2, pp. 300—348.
- Smirnow S. J. (1971), Proischozhenije solenosnosti podzemnych wod sedimentacionnych basseinow. Izd. „Nedra”, Moskwa.
- Wala A., Witczak S. (1970), Solomierz MZW-1, urządzenie polowe do szybkiego określania mineralizacji wód naturalnych. (Salinometer — a field device for quick determination of natural water mineralization). *Technika Poszuk.* 34, pp. 29—31.
- Wilk Z., Motyka J., Niewdana J. (1971), Charakterystyka i klasyfikacja przejawów wody w wyrobiskach kopalni pracującej w szczelinowo-krasowym poziomie wodonośnym (The characteristics and classification of the discharges of ground-water in mine workings driven in the fissure-karst waterbearing horizon. *Zesz. Nauk. AGH* 292, *Geologia*, 14, pp. 43—60.
- Wilk Z., Zimny W. (1973), Problematyka hydrogeologiczna związana z rozwojem górnictwa w rejonie olkuskim (Hydrogeological problems connected with the development of the ore mining in the Olkusz Area, Cracovian-Upper Silesian Region). *Zesz. Nauk. AGH* 361, *Geologia*, 17, pp. 117—132.
- Wilk Z., Motyka J., (1977), Kontakty między poziomami wodonośnymi w olkuskim rejonie kopalnictwa rud. (Contacts between water-bearing horizons, Olkusz ore mining region near Cracow). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 42, 1, pp. 115—143.
- Witczak S. (1971), Zastosowanie badań roztworów porowych do określania stopnia zasolenia wód kopalnianych w warunkach Górnego Śląska. *Praca doktorska*, AGH, Kraków.
- Witczak S., Adamczyk A. F., Motyka J., Niewdana J. (1975), Możliwość występowania i wykorzystania wód mineralnych w rejonie Olkusza (Die Möglichkeit des Auftretens und der Ausnutzung der Mineralwässer im Gebiet von Olkusz). *Probl. uzdrowisk.* 7 (95), pp. 177—184.
- Żuczukowa A. A., Kriukow P. A. (1968), Elektrochimičeskije jawnenija svjazzannyje z vydelenijem rostvoroj iz porod. W knigie: Porovyje rostvory i metody ich izučeniya. Izd. Nauka i Technika, Mińsk.

SUMMARY

Abstract: A concise occurrence characteristics of salt waters recently discovered in mine roads driven at a small depth in the Permian is given. The chemical composition of gravity ground-waters as well as of pore-solutions is presented. Attention is called to hydrochemical zonality to be observed in Permian sediments, evidence of which is given in the paper. This is the effect of diffusion and convection processes. As a result on one hand, brines penetrate upwards from the deeper parts of the geological profile and, on the other hand, they are diluted and removed by fresh waters of meteoric origin circulating in high permeable Triassic sediments.

In the mine galleries of a certain zinc-lead ore mine in Olkusz region (to NW of Cracow) carved in the roof portion of the Permian series, at the depth of 150 m, the waters of chloride type mineralization nearly

22 g/l were found for the first time in 1974. The authors have initiated studies in matter of their chemical composition, their occurrence conditions and their distribution regularity.

In the hydrogeological profile of the investigated region there occur three waterbearing horizons: Quaternary (fluvioglacial sands), Triassic (carbonate strata of the Middle Muschelkalk, Lower Muschelkalk and Rhoetian) and Paleozoic (carbonate series of the Lower Carboniferous and Devonian). An insulating series of Keuper clay separates Muschelkalk from Quaternary. In the Triassic substratum there occur the low permeable Permian deposits about 200 m thick. They are the continental, piedmont, diastrophic sediments formed in arid climate represented as porphyry-carbonate conglomerates with marly-sandy-tuffaceous matrix.

The authors' investigation into the chemistry of water seeping out from mine workings walls or flowing out from underground bore-holes included: total dissolved solids amount field measurements applying resistivimeter, chemical analysis of these waters, heavy metals content field determination, trace elements spectrophotometric determination and tritium determination. Besides pore-solutions were squeezed out of the rock samples and water extractions of rock samples were prepared. Chemical analysis of both types of solutions were done.

Water and rocks were sampled in the faces of mine galleries 6000 m long. It rendered possible to take occasion to observe regularity in changes of investigated chemical water composition. In relation with the general mineralization the investigated waters were divided into four groups: fresh waters (total dissolved solids content: $M < 1$ g/l), low mineralized waters ($1 \text{ g/l} < M < 5 \text{ g/l}$), moderate mineralized waters ($5 \text{ g/l} < M < 10 \text{ g/l}$), and high mineralized waters ($M > 10 \text{ g/l}$).

The first group represents the waters of the mixed type, they are significantly different than the other groups as far as the proportion between anions and cations is concerned. The waters of the second group are of Na-Cl-SO₄ and Na-SO₄-Cl character, but a certain number of samples indicate the higher content of HCO₃ and Mg ions. So they exhibit certain features of waters of Glauber type (Na-SO₄) or of bitter waters rarely occurring in Poland. The waters of the third group are Na-Cl-SO₄ type. The waters containing more than 10 g/l of total dissolved solids are typical sodium-chloride solution with up to 77 mg/l of bromine content and up to 3 mg/l of iodine content. Mineralization and chemical composition of pore solutions are practically the same as of gravity-ground waters.

The investigation indicated the pronounced regularity in spatial distribution of waters of different mineralization. The vertical hydrochemical zonality is represented in the gradual water mineralization increase along with the depth below Triassic sediments bottom (Fig. 9, 10).

In the neighbourhood of faults and in fissured zones the mineralization of waters gradually decreases. This phenomenon is so regular that it could become the base for the determination of the actual distance between the face of the mine heading driven towards the fault and this dislocation.

Authors discuss the origin and the possible mechanism of the observed hydrochemical zonality formation. They consider that the investigated waters are neither buried Permian sedimentary waters nor younger marine infiltration waters, nor products of NaCl concentration of surface and underground waters taking place in the conditions of hot and arid climate of the Permian. From the authors' point of view the principal source of water mineralization is to be found in older marine sediments underlying the Permian series. The characteristic shape of the curve representing the changes of chemical water composition together with depth (Fig. 10) is related on the one hand with the diffusive and convective salt penetration from the deeper parts of the geological profile and on the other hand with the removal of these salts by fresh water penetrating from the surface through the high permeable overlying Triassic formation by the same mechanism.