

Alina KABATA-PENDIAS

Charakterystyka geochemiczna utworów triasu z rejonu Polski północno-zachodniej

Przeprowadzone badania objęły osady triasu z otworów wiertniczych Połczyn Zdrój, Kamień Pomorski i Kołobrzeg, występujące w północno-zachodniej części wału pomorskiego oraz utwory triasu z otworu wiertniczego Gorzów Wielkopolski, znajdujące się w północnej części monokliny przedsudeckiej. Celem prac było poznanie zakresu zmian chemicznych i mineralogicznych utworów triasu pod wpływem zróżnicowanego środowiska sedymentacyjnego.

ZAKRES I METODY BADAŃ

Próbki do geochemicznych badań pobrano z osadów triasu wymienionych otworów wiertniczych, w różnych odstępach — w zależności od zmian litologicznych. Przy pobieraniu próbek z utworów kajpru i piaskowca pstrego z otworów wiertniczych Połczyn Zdrój i Kamień Pomorski oraz Gorzów Wielkopolski wykorzystano częściowo materiał opracowany przez M. Nowicką w Zakładzie Petrografii i Mineralogii IG.

Ogółem przebadano 368 próbek, z czego na poszczególne otwory wiertnicze przypada następująca liczba próbek: Połczyn Zdrój — 127, Gorzów Wielkopolski — 102, Kamień Pomorski — 92, Kołobrzeg — 47. Największa liczba próbek reprezentowana jest przez utwory ilowcowe i mułowcowe (190), następnie przez piaskowce i wapienie (67 i 73), a najmniej próbek (38) przypada na dolomity i margle (tabl. 1).

W próbkach oznaczono metodą analizy spektralnej, opisaną w poprzedniej pracy (A. Kabata-Pendias, 1964), następujące pierwiastki: Mn, Cr, Ni, Co, Cu, V, a ponadto w próbkach z Połczyna Zdroju i Kamienia Pomorskiego — Pb i Ga. Wykonano również oznaczenia zawartości Fe^{+3} i Fe^{+2} metodą miareczkową. Poza tym oznaczono odczyn osadów w wodnej zawieszynie przy stosunku próbki do wody jak 1:1.

Do badań mineralogicznych wydzielono z utworów frakcję $< 20 \mu$, metodą opracowaną przez S. K. El Wakeela i J. P. Rileya (1961) dla skał osadowych. Identyfikację minerałów wydzielonych frakcji przeprowadzono na dyfraktometrze rentgenowskim f-my Rigaku-Denki, przy zastosowaniu promieniowania Cu $K\alpha$, filtru Ni, prądu o napięciu 35 kV i na-

Tabela 1.

Średnie zawartości pierwiastków śladowych w osadach triasu z badanych otworów wiertniczych (w ppm)

Skala	Liczba próbek	Mn	Cr	Ni	Co	Cu	V	Pb*	Ga*
Mułowce i iłowce	190	903	99	33	10	24	128	99	16
Piaskowce	67	589	230	25	13	19	127	22	16
Wapienie	73	560	24	8	5	8	11	7	n.o.
Dolomity i margle	38	583	31	10	6	17	24	18	n.o.

* Średnie zawartości pierwiastków obliczono na podstawie innego zestawu próbek, a mianowicie: mułowce i iłowce — 103, piaskowce — 48, wapienie — 26, dolomity i margle — 25.

teżeniu 12 mA oraz szczeliny 0,2 mm i współczynnika redukcji 16. Dla ustalenia ilościowej zawartości poszczególnych minerałów posłużono się skalą wzorcowej mieszaniny minerałów o tej samej frakcji granulometrycznej co materiał badany. Przy przygotowywaniu preparatów oraz przy pomiarach utrzymano jednakowe warunki dla wzorców i dla badanych frakcji. Sprawdzono powtarzalność otrzymywanych wyników na materiale wzorcowym i na frakcjach wydzielonych ze skał. W obu przypadkach uzyskano rezultaty zadowalające, ponieważ nieliczne odchylenia odczytów mieściły się w granicach błędu pomiaru. Ilość minerałów z grupy hydromik obliczono na podstawie oznaczeń K_2O , przyjmując że średnie zawartości tego składnika w danej grupie minerałów wynoszą 7% oraz uwzględniając poprawkę przy obecności ortoklazu w próbce. Należy zaznaczyć, że wyniki oznaczeń minerałów mogą być obarczone dużym błędem metodycznym i dlatego przedstawiają głównie wartość do celów porównawczych badanych serii skał.

We frakcjach wydzielonych z utworów triasowych zidentyfikowano następujące minerały: kwarc, skalenie, kalcyt, dolomit, hydromiki, kaolinit oraz grupę minerałów ilastych, dających refleks przy 14,2 Å. Piki refleksów większości minerałów są ostre i symetryczne, co wskazuje na dobrze uporządkowaną strukturę oraz ułatwia pomiar intensywności refleksu. Wyjątek stanowią niektóre refleksy przy 10,0 Å i 14,2 Å. Przeprowadzono dodatkowe badania (nasycające gliceryną, prażenie do 200° oraz 450° C) w celu bliższej charakterystyki grupy minerałów dających refleks przy 14,2 Å. Otrzymane wyniki wykazały, że są to prawdopodobnie minerały o pakietach mieszanych chlorytowo-montmorylonitowych (C. E. Weaver, 1956; S. Pawluk, 1963; I. Kanno, Y. Honjo, S. Arimura i in., 1964). Podobne minerały zidentyfikowano przy badaniach triasu z innych wierceń (A. Kabata-Pendias, w przygotowaniu do druku).

ZARYS LITOLOGII I STRATYGRAFII BADANYCH OSADÓW

Otwór wiertniczy Gorzów Wlkp. przebija utwory triasu o łącznej miąższości około 1242 m. Osady dolnego piaskowca pstrego powstały w pobliżu osiowej części basenu sedymentacyjnego, o podwyższonym zasoleniu przy częstych zmianach cyklu sedymentacyjnego (M. Nowicka, 1960; A. Szyperko-Słiwczyńska, 1966). Serię tych utworów reprezen-

tują głównie iłowce z nielicznymi wkładkami mułowców i licznymi przewarstwieniami wapieni oolitowych i dolomitów. W osadach środkowego i górnego piaskowca pstrego występują skały węglanowe, często zdolomityzowane, naprzemianległe z mułowcami i piaskowcami. W wapieniu muszlowym reprezentowanym przez dolomity, margle i wapienie z wkładkami iłowców wyróżniono trzy ogniwa stratygraficzne, których osady powstały w płytkowodnej strefie zbiornika morskiego (Cz. Leszczyńska, 1960). Utwory kajpru dzielą się na dolny kajper zbudowany z iłowców i mułowców przewarstwionych piaskowcami z licznymi szczątkami roślinnymi i konkrecjami żelazistymi oraz górny kajper, w którym obok wymienionych skał występują wkładki dolomitu, gipsu i anhydrytu, (I. Gajewska, 1962).

Osady triasu z Połczyna Zdroju reprezentowane są przez utwory piaskowca pstrego (961 m), wapienia muszlowego (122 m) oraz kajpru (587 m). Otwór wiertniczy nie osiągnął spągu piaskowca pstrego (A. Szyperko-Sliwczyńska, 1964). W piaskowcu pstrym przeważają utwory piaskowcowe i iłowcowe. Najniższą serię osadów stanowi kompleks ilasto-mułowcowy z wkładkami wapieni i anhydrytu. Środkową i górną partię skał tworzą głównie piaskowce, na ogół wapniste oraz mułowce i iłowce wapniste lub dolomityczne. Wapień muszlowy wykazuje wyraźną trójdzielność, w dolnej serii przeważają margle i wapienie, w środkowej — dolomity margliste, w górnej — utwory marglisto-dolomityczne i wapienno-margliste. W całym wapieniu muszlowym spotyka się nieliczne przewarstwienia iłowcami oraz szczątki zwęglonej roślinności. I. Gajewska (1965) wyodrębniła w kajprze trzy ogniwa: dwie serie gipsowe, reprezentowane głównie przez iłowce i mułowce, oraz jedną piaskowca trzcinowego. Również w tej serii utworów występują liczne zwęglone szczątki organiczne.

Miąższość osadów triasu z otworu wiertniczego Kamień Pomorski wynosi 1260 m. Charakter litologiczny piaskowca pstrego jest bardzo zbliżony do odpowiedniej wiekowo serii skał nawierconych w Połczynie Zdroju. Są to utwory ilasto-piaszczyste, często wapniste lub dolomityczne ze skupieniami anhydrytu, a rzadziej z wkładkami wapieni oolitowych. Wapień muszlowy jest wykształcony podobnie i również wyraźnie trójdzielny jak w Połczynie Zdroju. Litologia kajpru w Kamieniu Pomorskim jest także zbliżona do osadów tej serii w Połczynie Zdroju. Przeważają w nim utwory ilaste z wkładkami piaskowców i licznymi skupieniami anhydrytu. W partii utworów piaskowca trzcinowego nagromadzone są liczne szczątki organiczne (M. Nowicka, 1965a).

W otworze wiertniczym Kołobrzeg nawiercono tylko utwory piaskowca pstrego o miąższości około 900 m (A. Szyperko-Sliwczyńska, 1966). Jest on reprezentowany przez naprzemianległe warstwy o różnej miąższości piaskowców, iłowców i mułowców, często wapnistych. W dolnej strefie tych osadów występują przerosty wapieni i skupienia anhydrytu.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Otwór wiertniczy Gorzów Wielkopolski. Rozmieszczenie pierwiastków śladowych wykazuje dużą zmienność w całym profilu osadów triasu. Średnie zawartości badanych składników w różnych ska-

łach są na ogół niższe od wartości uzyskanych dla innych wierceń (tab. 1, fig. 1—3). Wyjątek stanowi mangan w iłowcach i piaskowcach oraz miedź w piaskowcach. Pierwiastki te występują w ilościach podobnych do zawartości w osadach pozostałych wierceń. Podobne rozmieszczenie pierwiastków śladowych obserwuje się w utworach kajpru i w osadach piaskowca pstrego. Jednakże w kajprze pierwiastki te są bardziej związane z frakcją detrytyczną i dlatego stwierdza się większe ich nagromadzenie w piaskowcach niż w iłowcach.

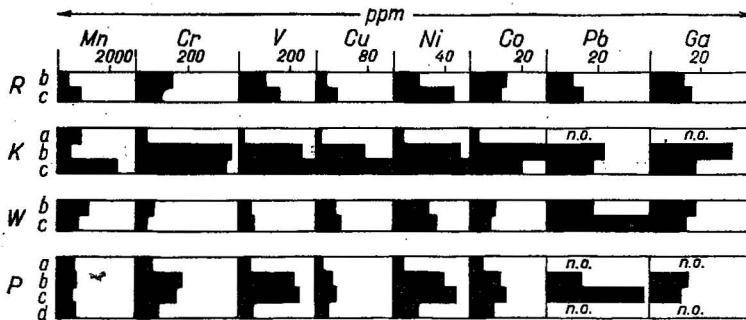


Fig. 1. Średnie zawartości pierwiastków śladowych w iłowcach i mułowcach

Mean contents of trace elements in claystones and mudstones

R — retyk; K — kajper; W — wapień muszlowy; P — piaskowiec pstry; a — Gorzów Wielkopolski; b — Połczyn Zdrój; c — Kamień Pomorski; d — Kołobrzeg; n.o. — pierwiastek nie oznaczony

R — Rhaetian; K — Keuper; W — Muschelkalk; P — Buntsandstein; a — Gorzów Wielkopolski; b — Połczyn Zdrój; c — Kamień Pomorski; d — Kołobrzeg; n.o. — non-determined element

Spągowe utwory kajpru mają charakter osadów przejściowych, powstających w obrębie wycofującego się i powracającego morza. Charakter osadów kajpru górnego wiąże się według A. Arnold (1958) raczej ze spokojną sedimentacją typu lagunowego, która zachodziła w zbiorniku o dużym zasoleniu, na co wskazuje również podwyższony stosunek minerałów grupy hydromik do kaolinitu (stosunek dla tej serii osadów wynosi około 5, tabl. 2). E. T. Degens ze współpracownikami (1957), I. B. Hayes (1963) oraz E. F. Shover (1964) wykazali, że wzrastający stosunek hydromik do kaolinitu jest wskaźnikiem zasolenia zbiornika sedimentacyjnego. Dominujące hydromiki w utworach kajpru mogą być również częściowo pochodzenia detrytycznego (C. E. Weaver, 1958).

Osady wapienia muszlowego, reprezentowane przez wapień i dolomity zawierają bardzo małe ilości wszystkich pierwiastków śladowych z wyjątkiem manganu (fig. 3). Nagromadzenie się manganu w osadach typowo morskich jest związane z geochemicznymi właściwościami tego pierwiastka (E. T. Degens, E. G. Williams, M. L. Keith, 1957). M. Hartman (1963) wykazał przy badaniach piaskowców permskich i triasowych, że kalcyt w skałach wpływa na powstawanie związków Mn o wyższym stopniu utlenienia i mniejszej rozpuszczalności.

Średnie zawartości pierwiastków śladowych w skałach piaskowca pstrego zarówno w iłwcach, jak i w piaskowcach są bardzo niskie (fig. 1 i 2). Obliczone współczynniki ich koncentracji we frakcjach ilastych wykazują mały stopień wzbogacenia z wyjątkiem niklu i kobaltu (tab. 3). Duża zmienność w profilowym rozmieszczeniu pierwiastków śla-

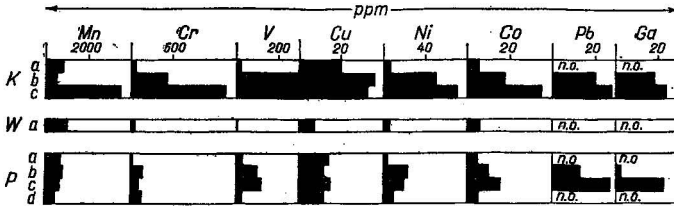


Fig. 2. Średnie zawartości pierwiastków śladowych w piaskowcach

Mean contents of trace elements in sandstones

Oznaczenia symboli jak na fig. 1

Symbols as in Fig. 1

dowych związana jest z częstymi zmianami środowiska sedymentacyjnego. Spągowa seria osadów powstała w wewnętrznej strefie płytkiego zbiornika morskiego, który stopniowo przechodził w basen typu lagunowego. Względnie wysoki stosunek hydromik do kaolinitu (tab. 2) w skałach piaskowca pstrego należy wiązać z wpływem środowiska morskiego. Jednocześnie jednak obecność kaolinitu i minerałów o pakietach mieszanych w ilościach około 10% frakcji (fig. 4) świadczy wg E. F. Shovera (1964) o częstych zmianach środowiska sedymentacyjnego, co również zaobserwowała M. Nowicka (1960) przy opracowaniu petrograficznym. Na podstawie zespołu minerałów ilastych i dużej zmienności w profilowym rozmieszczeniu pierwiastków śladowych w osadach piaskowca pstrego można wnioskować, że w zbiorniku sedymentacyjnym zaznaczały się na przemian wpływy środowiska morskiego i lądowego.

Otwór wiertniczy Połczyn Zdrój. Średnie zawartości pierwiastków śladowych w skałach tego wiercenia przedstawione są na figurach 1—3. Największe ilości poszczególnych pierwiastków w iłw-

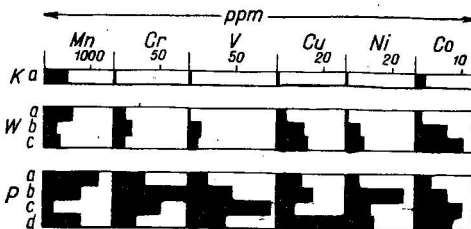


Fig. 3. Średnie zawartości pierwiastków śladowych w wapieniach
Mean contents of trace elements in limestones

Oznaczenia symboli jak na fig. 1
Symbols as in Fig. 1

cach i mułowcach występują w kajprze i wynoszą kolejno w średnich wartościach ppm: Cr — 375, Ni — 56, Co — 31, Cu — 77, V — 250, Pb — 22, Ga — 32. Liczby te są na ogół wyższe od wartości średnich uzyskanych dla wszystkich przebadanych osadów triasu (tab. 1). Ỉłowce dolomityczne, występujące dosyć licznie w kajprze, zawierają przeciętnie

około połowy wymienionej ilości badanych pierwiastków. Wyjątek stanowi mangan, którego koncentracja zaznacza się wyraźnie w iłowcach wapienia muszlowego (1180 ppm), a w iłowcach dolomitycznych przekracza nieco zawartości spotykane w iłowcach bez domieszek minerałów węglanowych (fig. 1). Wszystkie pierwiastki śladowe oprócz manganu i chromu są bardziej nagromadzone w iłowcach niż w piaskowcach. Zarówno w iłowcach, jak i w piaskowcach kajpru zaznacza się wyraźna kumulacja większości pierwiastków w porównaniu z analogicznymi osadami wapienia muszlowego, a także piaskowca pstrego (fig. 1 i 2). Pierwiastki te są najbardziej skoncentrowane w utworach dolnego kajpru, w którym przeważają iłowce i mułowce. Zgodnie z poglądami I. Gajewskiej (1967) i M. Nowickiej (1965a) osady te powstały w płytkim zbiorniku śródlądowym, który pozostał po spłyceciu się morza wapienia muszlowego. Podobne wzbogacenie osadów dolnego kajpru w pierwiastki śladowe zaobserwowano także w otworach wiertniczych Polski środkowej i północno-wschodniej (A. Kabata-Pendias, 1964, oraz praca w przygotowaniu do druku). Zjawisko to należy wiązać z sedymentacyjnymi warunkami płytkiej strefy zbiornika. Badane pierwiastki śladowe dostarczane były do basenu sedymentacyjnego łącznie z grubym materiałem detrytycznym (na co wskazuje podwyższona ich zawartość w piaskowcach), jak również sorbowane przez frakcje ilaste i substancję ograniczną.

Tabela 2
Średnie wartości stosunku hydromik do kaolinitu we frakcjach $<20 \mu$ wydzielonych z piaskowców oraz mułowców i iłowców triasowych

Otwór wiertniczy	Oddział	Stosunek hyd/klń	
		zakres	średnio
Gorzów Wlkp.	kajper	1,4— 3,3	2,4
	piaskowiec pstry	4 — 8	5,2
Połczyn Zdrój	kajper	1 — 5	2,4
	piaskowiec pstry	1,8— 9	4,7
Kamień Pomorski	kajper	0,3— 2,6	1,6
	piaskowiec pstry	3 —10	7,0
Kołobrzeg	piaskowiec pstry	0,2—12	4,3

M. Nowicka (1965a) wyróżniła w materiale okruchowym osadów kajpru dwa zespoły minerałów ciężkich wskazujących na jego pochodzenie ze skał magmowych i metamorficznych. Związanie pierwiastków śladowych w minerałach ciężkich powoduje brak ich koncentracji w drobniejszych frakcjach. W tabeli 3 podano średnie współczynniki koncentracji pierwiastków obliczone ze stosunku ich zawartości we frakcjach do ich występowania w całej próbce skalnej. Wartości te wskazują, że stopień koncentracji we frakcjach $<20 \mu$ jest bardzo niski, a czasami zaznacza się nawet ich rozproszenie w całej próbce skalnej. Dla serii osadów kajpru uzyskano trochę wyższe wartości współczynnika koncentracji (>1) od wartości otrzymanych dla utworów piaskowca pstrego (<1).

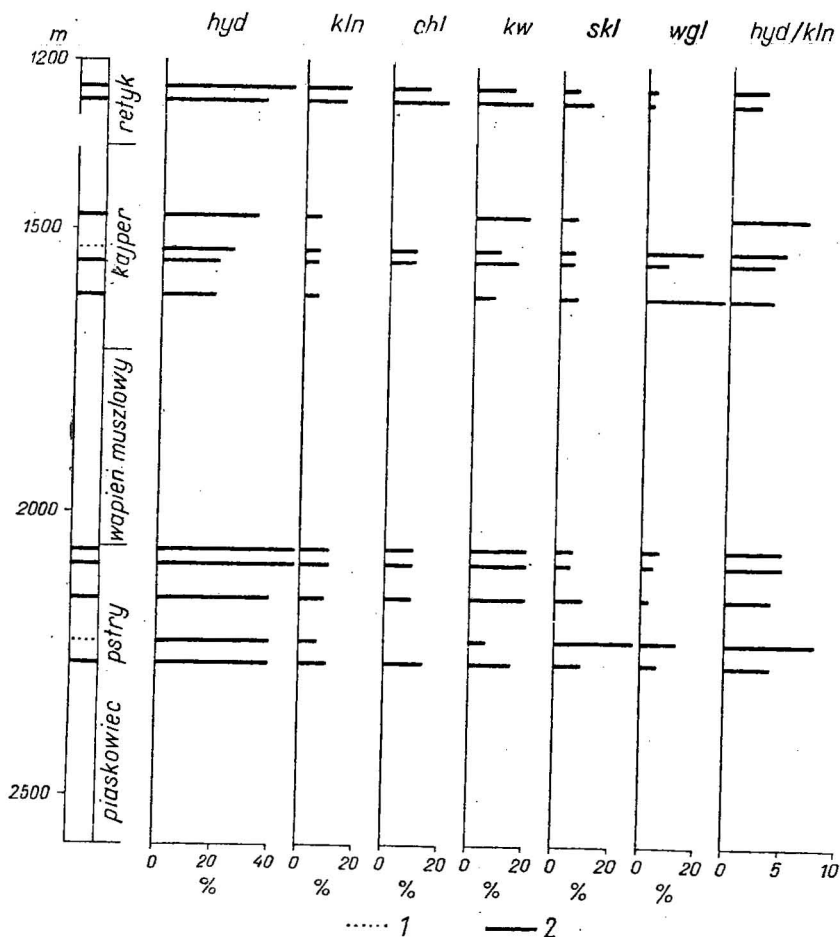


Fig. 4. Skład mineralny frakcji < 20 μ wydzielonych z osadów triasu otworu wiertniczego Gorzów Wielkopolski

Mineral composition of fractions < 20 μ separated from the Triassic deposits pierced by the bore hole Gorzów Wielkopolski

1 — piaskowce; 2 — mułowce i iłowce; hyd — hydromiki; kln — kaolinit; chl — minerały o pakietach mieszanych chlorytowo-montmorillonitowych; kw — kwarc; skl — skalenie; wgl — minerały węglanowe: kalcyt, dolomit; hyd/kln — stosunek zawartości hydromik do kaolinitu
 1 — sandstones; 2 — mudstones and claystones; hyd — hydromicas; kln — kaolinite; chl — mixed-layer chlorite-montmorillonite minerals; kw — quartz; skl — feldspars; wgl — carbonate minerals: calcite, dolomite; hyd/kln — hydromica — kaolinite ratio

Skład mineralny ilastych frakcji o wymiarze < 20 μ, wydzielonych z iłowców i piaskowców otworu wiertniczego Połczyn Zdrój, przedstawiony jest na diagramie (fig. 5). Na uwagę zasługuje dosyć wyrównana zawartość kwarcu wynosząca około 20% (z wyjątkiem frakcji z paru piaskowców) i prawie jednakowa ilość skaleń nie przekraczająca przeciętnie 15%. Minerale węglanowe (kalcyt i dolomit) występują na ogół we wszystkich frakcjach, ale zawartość ich ulega dużym wahaniom.

Tabela 3

Średnie wartości współczynników koncentracji pierwiastków śladowych we frakcjach o wymiarze <math> < 20 \mu </math> wydzielonych z osadów triasu

Otwory wiertnicze	Skala	Mn		Cr		Ni		Co		Cu		V		Pb		Ga	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Gorzów Wilkp.	piaskowce	1,5	1,5	1,1	0,6	6,0	5,0	5,0	5,0	1,1	1,0	1,2	1,2	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	mułowce i ilowce	1,0	1,1	0,8	0,3	1,8	1,0	2,9	3,0	1,1	1,0	1,1	0,3	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
Połczyn Zdrój	piaskowce	1,2	0,8	0,6	0,7	1,6	0,8	1,3	1,3	1,0	0,8	1,1	0,4	0,7	0,7	0,7	1,0
	mułowce i ilowce	1,3	1,0	1,1	0,6	1,1	0,7	1,2	1,0	1,4	1,3	0,7	0,3	0,8	0,6	0,8	0,7
Kamień Pomorski	piaskowce	2,1	2,1	1,1	0,7	3,3	3,0	2,0	1,0	4,5	3,0	2,6	2,0	2,8	2,8	2,2	2,2
	mułowce i ilowce	1,3	0,6	1,3	1,5	1,4	1,1	3,8	2,5	1,4	2,3	1,5	1,2	1,3	1,6	2,0	1,2
Kołobrzeg	piaskowce	2,4	2,4	1,0	1,0	1,1	1,1	2,7	2,7	1,5	1,5	5,5	5,5	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
	mułowce i ilowce	1,5	1,1	1,6	1,5	1,8	0,4	3,8	3,0	1,1	1,0	3,5	4,0	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

a = średnia arytmetyczna, b = wartość najczęściej spotykana

Ilość minerałów grupy hydromiłek i kaolinitu jest najbardziej zróżnicowana, podczas gdy minerały o pakietach mieszanych chloryto-wo-montmorylonitowych stanowią najczęściej 5÷10% frakcji. Stosunek hydromiłek do kaolinitu jest trochę zróżnicowany w profilu otworu wiertniczego i wyraźnie mieści się w granicach niższych wartości uzyskanych dla osadów kajpru, średnio 2,4 (tabl. 3).

Przewaga kaolinitu nad minerałami grupy hydromiłek wskazuje na przebieg sedymentacji w zbiorniku słodkowodnym lub mało zasolonym, jak również na dostarczanie do basenu materiału pochodzącego z wietrzenia lądowego (E. T. Degens, E. G. Williams, M. L. Keith, 1957; J. B. Hayes, 1963). C. E. Weaver (1956) wyraża pogląd, że większość minerałów ilastych w skałach osadowych jest pochodzenia detrytycznego i dlatego odzwierciedlają one głównie charakter materiału wnoszonego do zbiornika sedymentacyjnego. Warunki środowiska sedymentacyjnego mogą wpływać jedynie na częściowe ich przeobrażenie (C. E. Weaver, 1958). E. F. Shover (1964) wykazał na podstawie zawartości minerałów ilastych w łupkach osadzonych w zbiorniku morskim, deltowym i słodkowodnym, że warunki zbiornika sedymentacyjnego w znacznym stopniu wpływają na zespół minerałów ilastych. Minerale ilaste w skałach osadowych ulegają jednakże różnym przeobrażeniom i dlatego znaczenie ich jako wskaźnika warunków sedymentacyjnych może być ograniczone. Większą wartość wskaźnikową mają według wymienionego autora chloryty i minerały o pakietach mieszanych. Stosunek hydromiłek do kaolinitu, jak również obecność minerałów o pa-

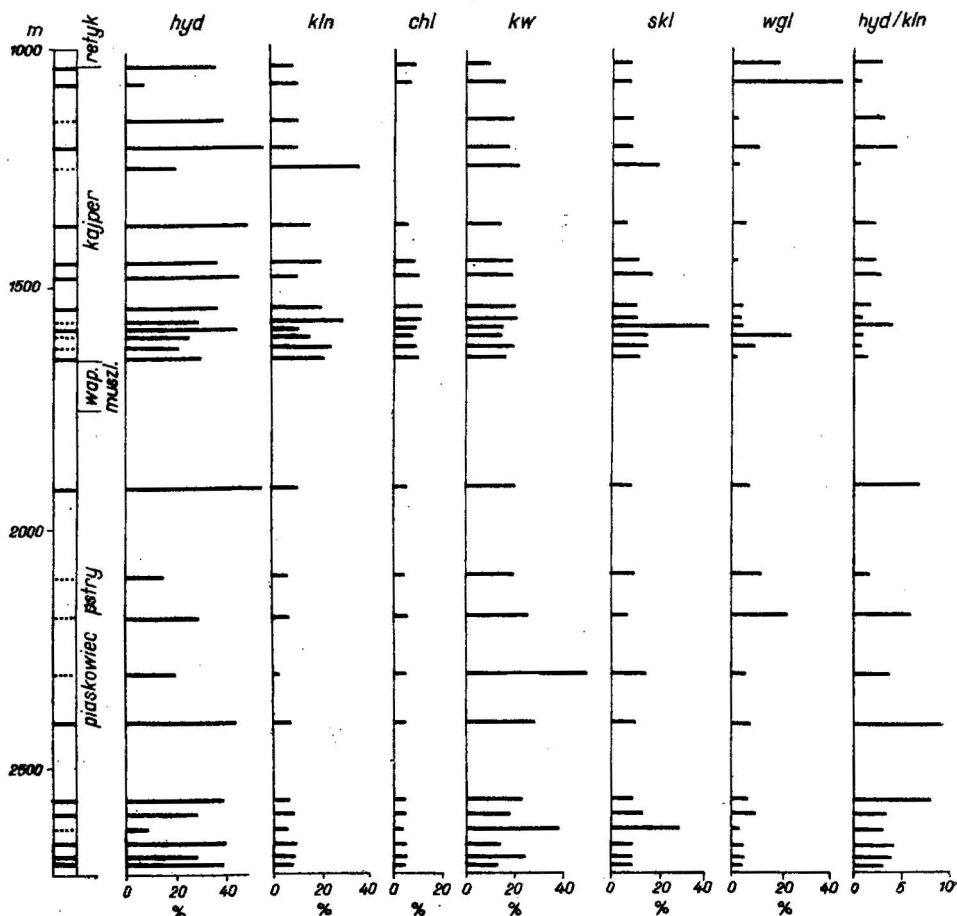


Fig. 5. Skład mineralny frakcji $< 20 \mu$ wydzielonych z osadów triasu otworu wiertniczego Połczyn Zdrój

Mineral composition of fractions $< 20 \mu$ separated from the Triassic deposits pierced by the bore hole Połczyn Zdrój

Oznaczenia symboli jak na fig. 4

Symbols as in Fig. 4

kietach mieszanych wskazuje, w oparciu o parametry ustalone przez E. F. Shovera (1964), że osady kajpru z otworu wiertniczego Połczyn Zdrój powstały w przybrzeżnej strefie mało zasolonego zbiornika.

Zawartości pierwiastków śladowych w utworach wapienia muszlowego, reprezentowanego głównie przez wapienie, dolomity i margle, są bardzo niskie podobnie jak i w innych wierceniach (tab. 1, fig. 3). Zaznacza się jedynie względne nagromadzenie manganu i miedzi w tych utworach w porównaniu z silnym rozproszeniem pozostałych pierwiastków.

Pierwiastki śladowe w osadach piaskowca pstrego występują w ilościach mniejszych niż w utworach kajpru, (fig. 1 i 2). Na ogół są one

wyraźniej nagromadzone w iłowcach, natomiast nie podlegają koncentracji we frakcjach ilastych (tab. 2). Wartości stosunku Fe^{+2}/Fe^{+3} tej serii utworów wynoszą średnio 0,4 i wskazują na oksydacyjny charakter środowiska. Obliczony wskaźnik Rf wyznacza procentowy stosunek Fe^{+2} do sumarycznej zawartości żelaza. Wartości wskaźnika Rf dla dolnego piaskowca pstrego mieszczą się w granicach 27÷45%, podczas gdy w górnej serii osadów tego oddziału najczęściej spotykane są wartości 11÷30% (fig. 6). Na uwagę zasługuje dosyć jednolity odczyn skał w obrębie piaskowca pstrego, wynoszący średnio pH 8,4 dla piaskowców i iłow-

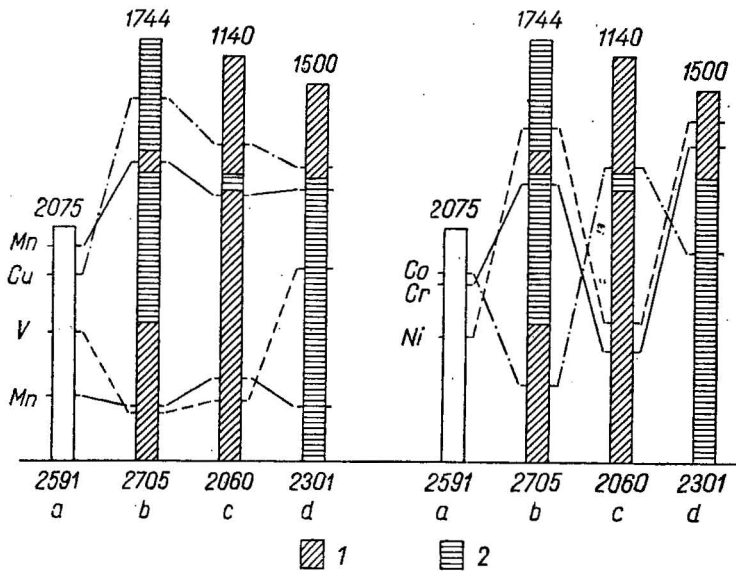


Fig. 6. Strefy koncentracji pierwiastków śladowych w utworach piaskowca pstrego

Zones of trace element concentration in the Buntsandstein deposits

1 — Rf — 10÷80%; 2 — Rf — 5÷30%; a — Gorzów Wielkopolski; b — Połczyn Zdrój; c — Kamień Pomorski; d — Kołobrzeg; liczby podane przy każdym otworze wiertniczym oznaczają głębokości występowania osadów piaskowca pstrego w metrach

1 — Rf — 10÷80%; 2 — Rf — 5÷30%; a — Gorzów Wielkopolski; b — Połczyn Zdrój; c — Kamień Pomorski; d — Kołobrzeg; figures given beside each bore hole mean the occurrence depths of Buntsandstein deposits in metres

ców oraz około pH 9 dla utworów marglistych i wapiennych (A. Kabata-Pendias, 1965). Silnie zasadowy odczyn badanych utworów świadczy o ich powstawaniu w płytkim zbiorniku o dużym zasoleniu (W. C. Krumbein, R. M. Garrels, 1952), a wskaźnik Rf wskazuje na środowisko oksydacyjne. Zgodnie z poglądami A. Szyperko-Sliwczynskiej (1964) wykształcenie całego dolnego piaskowca pstrego na obszarze północno-zachodniej części wału pomorskiego zachodziło w bardzo płytkim zbiorniku o podwyższonym zasoleniu. W tej serii osadów zaznaczyła się

kumulacja manganu, kobaltu i wanadu, związana z wapnistymi ilowcami (fig. 6). Wszystkie pozostałe pierwiastki śladowe są częściowo nagromadzone na głębokości około 1900 m, na granicy retu ze środkowym piaskowcem pstrym. Zaobserwowana koncentracja mogła nastąpić w wyniku sorpcji przez substancję organiczną, która jest nagromadzona w tej serii.

Skład mineralny wydzielonych frakcji ilastych z osadów piaskowca pstrego (fig. 5) wykazuje częsty wzrost zawartości kwarcu oraz śladowe ilości minerałów o pakietach mieszanych (poniżej 5%). Występowanie hydromik znacznie przewyższa ilości kaolinitu. Średnia wartość stosunku hydromik do kaolinitu wynosi 4,7 i jest około dwukrotnie większa niż dla osadów kajpru z tego wiercenia (tab. 2).

Otwór wiertniczy Kamień Pomorski. Figury 1—3 ilustrują średnie zawartości pierwiastków śladowych w utworach triasu. Podobnie jak w otworze wiertniczym Połczyn Zdrój obserwuje się wyrażną koncentrację większości pierwiastków w ilowcach kajpru. Średnie zawartości poszczególnych pierwiastków w tych osadach są zbliżone do wartości otrzymanych dla opisanego poprzednio otworu wiertniczego, natomiast przewyższają średnie obliczone dla utworów całego triasu z badanych wierceń (tab. 1). Wszystkie pierwiastki oprócz miedzi występują w większych ilościach w piaskowcach niż w ilowcach kajpru, co świadczy, że materiał dostarczany do zbiornika zawierał dużo pierwiastków śladowych. Wniosek ten zgadza się ze stwierdzeniem I. Gajewskiej (1964) i M. Nowickiej (1965b), że osady kajpru tworzyły się w strefie przybrzeżnej płytkiego zbiornika śródlądowego, pozostawionego przez cofające się morze triasu środkowego, a materiał okrucowy, pochodzący głównie ze skał magmowych, podlegał niedalekiemu transportowi.

Odczyn badanej serii osadów jest zasadowy (pH 7,9÷8,2), a wartości wskaźnika Rf wskazują na silnie oksydacyjne środowisko w górnym kajprze oraz na redukcyjne środowisko w części dolnego kajpru, co jest prawdopodobnie spowodowane przez syngenetycznie odłożone substancje organiczne (M. Hartman, 1963). Za przewagą środowiska lądowego w zbiorniku kajprowym przemawia również podwyższona zawartość kaolinitu, która wynosi dla tej serii skał od 10 do 35% frakcji (fig. 7). Średni stosunek hydromik do kaolinitu wynosi 1,6 i jest parokrotnie niższy od stosunku uzyskanego dla osadów piaskowca pstrego z tego wiercenia (tab. 2).

Utwory marglisto-dolomityczne i wapienie górnego i dolnego wapienia muszlowego zawierają bardzo małe ilości pierwiastków śladowych (fig. 3). Natomiast ilowce dominujące w środkowym wapieniu muszlowym są wprawdzie uboższe od ilowców z innych oddziałów tego wiercenia, ale wykazują wyraźnie większe zawartości badanych pierwiastków od pozostałych skał omawianej serii (fig. 1). Odczyn skał jest dosyć stały i na ogół wyższy od pH 8,5. Niektóre utwory ilaste z wapienia muszlowego wskazują na środowisko redukcyjne ($Fe^{+2}/Fe^{+3} > 1$), (A. Kabata-Pendias, 1965).

Zawartości pierwiastków śladowych w piaskowcu pstrym są zbliżone do średnich wartości uzyskanych dla całości triasu (tab. 1) z wyjątkiem silniejszego rozproszenia chromu w piaskowcach. Na ogół występuje większe nagromadzenie badanych pierwiastków w ilowcach i mu-

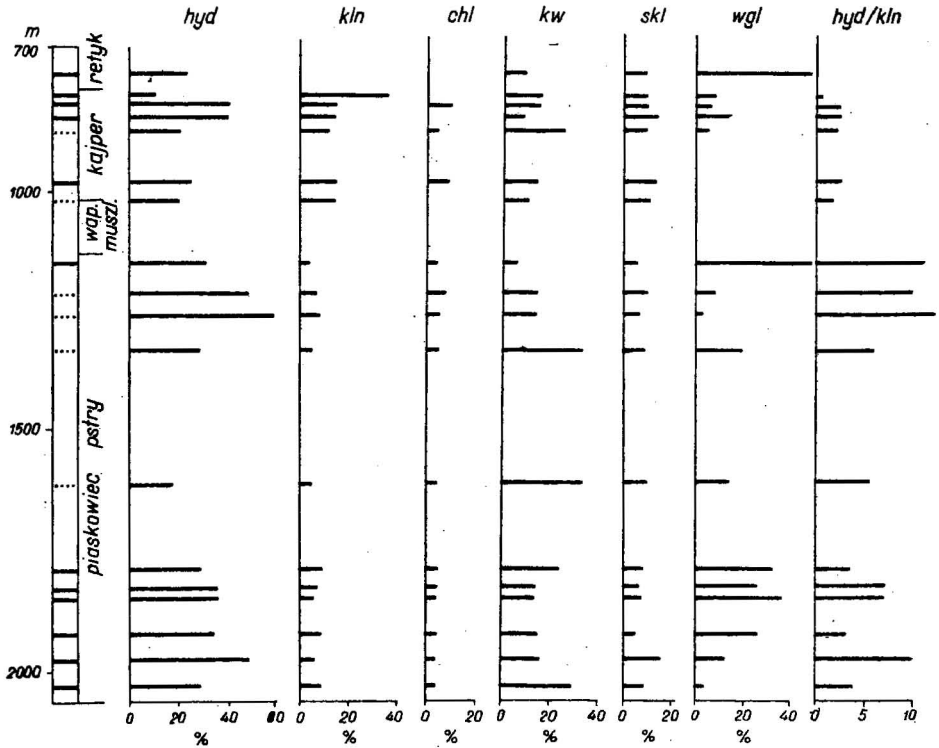


Fig. 7. Skład mineralny frakcji $< 20 \mu$ wydzielonych z osadów triasu otworu wiertniczego Kamień Pomorski

Mineral composition of fractions $< 20 \mu$ separated from the Triassic deposits pierced by the bore hole Kamień Pomorski

Objaśnienia jak na fig. 4

Explanations as in Fig. 4

łowcach niż w piaskowcach. Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w osadach piaskowca pstrego jest bardzo równomierne i jedynie można wyróżnić strefy podwyższonej ich zawartości (oprócz kobaltu i miedzi) w serii skał ilastych dolnego piaskowca pstrego (fig. 6). Jest to strefa o mniejszym potencjale oksydacyjnym (fig. 6), a wartości wskaźnika R_f niektórych osadów iłowcowych wskazują nawet na redukcyjny charakter jej środowiska. Na uwagę zasługuje względnie wysoki stopień koncentracji pierwiastków śladowych we frakcjach ilastych (tab. 3) charakterystyczny zarówno dla piaskowców, jak i iłowców dolnego piaskowca pstrego, co należy prawdopodobnie wiązać z dużą zawartością uwodnionych tlenków żelaza, dostarczanych łącznie z materiałem ilastym do zbiornika sedimentacyjnego (M. Nowicka, 1965b).

Skład mineralny wydzielonych frakcji z niektórych skał jest podobny do składu frakcji z utworów triasu otworu wiertniczego Poczyn Zdrój. Zaznacza się wyraźna przewaga minerałów z grupy hydrominerałów nad pozostałymi minerałami ilastymi oraz występuje dosyć duża zawartość kwarcu i minerałów węglanowych (fig. 7). Stosunek hydrominerałów

do kaolinitu mieści się w granicach od 3 do 12 i wynosi średnio 7 (tab. 2).

Opisane wskaźniki geochemiczne wykazują podobieństwo środowiska sedimentacyjnego piaskowca pstrego z otworu wiertniczego Kamień Pomorski i Połczyn Zdrój. Rejon wyznaczony tymi otworami wiertniczymi znajdował się w centralnej strefie zbiornika facji lagunowo-morskiej w okresie piaskowca pstrego i odznaczał się wysokim stopniem zasolenia (A. Szyperko-Śliwczyńska, 1964, M. Nowicka, 1965b).

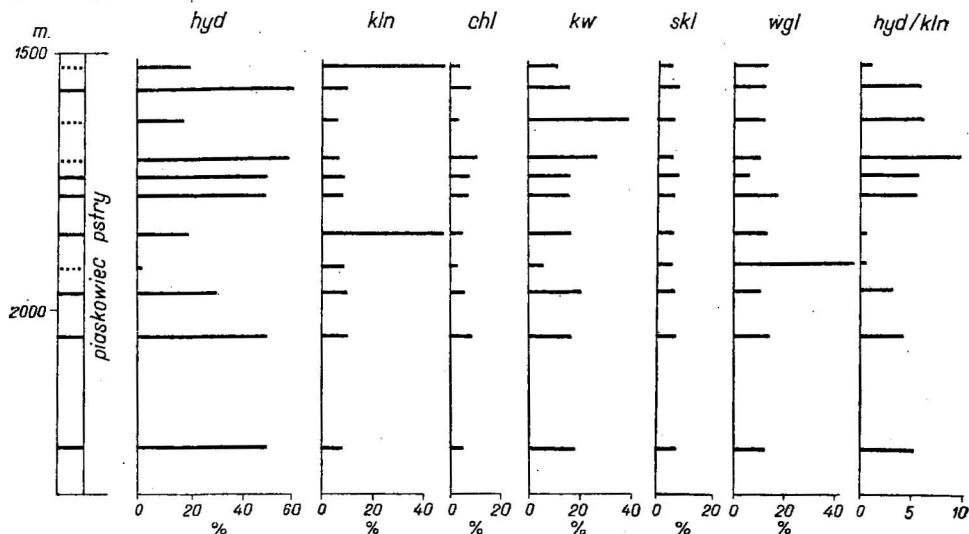


Fig. 8. Skład mineralny frakcji $< 20 \mu$ wydzielonych z osadów triasu otworu wiertniczego Kołobrzeg

Mineral composition of fractions $< 20 \mu$ separated from the Triassic deposits pierced by the bore hole Kołobrzeg

Objaśnienia jak na fig. 4

Explanations as in Fig. 4

Otwór wiertniczy Kołobrzeg. Rozmieszczenie pierwiastków śladowych układa się dosyć równomiernie w całym profilu piaskowca pstrego. W seriach utworów ilastych zaznacza się koncentracja badanych pierwiastków. Średnie zawartości tych składników są niższe od analogicznych wartości uzyskanych dla innych wierceń, poza manganem w ilowcach (fig. 1) oraz chromem i miedzią w piaskowcach (fig. 2). Zanotowano również maksymalne nagromadzenie miedzi w wapieniach (fig. 3).

Wartości współczynnika R_f wskazują na silnie oksydacyjne środowisko dolnego piaskowca pstrego oraz na spadek jego potencjału oksydacyjno-redukcyjnego w środkowym piaskowcu pstrym (fig. 6). W strefie granicznej między wymienionymi seriami osadów zaznacza się najwyższe koncentracje większości oznaczanych pierwiastków śladowych (fig. 6).

Badane pierwiastki podlegają wyraźnemu nagromadzeniu w wydzielonych frakcjach ilastych, przy czym największy stopień koncentracji wykazuje miedź i wanad (tab. 3). Skład mineralny frakcji jest podobny do składu frakcji wydzielonych ze skał z innych wierceń (fig. 8). Na

ogół hydromiki dominują nad pozostałymi minerałami ilastymi, a średnia wartość stosunku hyd/kln wynosi 4,3 (tab. 2).

Opisane wskaźniki geochemiczne układają się podobnie jak w otworze wiertniczym Połczyn Zdrój i Kamień Pomorski. Osady piaskowca pstrego wymienionych otworów wiertniczych powstawały w tym samym zbiorniku sedymentacyjnym dolnego triasu, rejon Kołobrzega znajdował się jedynie w bardziej peryferycznej jego części (A. Szyperko-Sliwczyńska, 1964). Dostarczany do tej strefy zbiornika materiał detrytyczny był wzbogacony w chrom, na co wskazuje brak jego koncentracji we frakcjach ilastych (tab. 3). Pozostałe pierwiastki zasorbowane są raczej z drobniejszą frakcją utworów, co może być związane z spokojnym przebiegiem sedymentacji, jak też i z podwyższonym stężeniem soli w wodach basenu. Za procesem sorpcji pierwiastków śladowych przez frakcje ilaste przemawia fakt, że był to płytki peryferyczny zbiornik o dużym zasoleniu. Przeważające minerały grupy hydromik powstały przypuszczalnie w wyniku przeobrażeń innych minerałów w warunkach dużego zasolenia, jakkolwiek mogły one być również pochodzenia detrytycznego.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania geochemiczne osadów triasu Polski północno-zachodniej potwierdziły prawidłowość rozmieszczenia Mn, Cr, Ni, Co, Cu, V, Ga i Pb zaobserwowaną w dotychczas opracowanych utworach triasu. Na podstawie tych badań wykazano, że skały ilaste osadzone w wewnętrznej strefie zbiornika sedymentacyjnego, lub w warunkach spokojnej sedymentacji, zawierają więcej badanych składników w porównaniu z innymi osadami tych samych facji. Natomiast w płytkich zbiornikach śródlądowych albo w peryferycznych ich strefach następuje wzrost zawartości pierwiastków śladowych w piaskowcach, co wiąże się z dostarczeniem materiału detrytycznego bogatego w omawiane składniki.

W badanych skałach zaznaczyła się współzależność pomiędzy rozmieszczeniem pierwiastków śladowych a zawartością żelaza, zarówno w poszczególnych typach skał, jak i w wyróżnionych cyklach sedymentacyjnych. Obliczone średnie stosunki zawartości pierwiastków śladowych do żelaza (tab. 4) są na ogół zbliżone we wszystkich osadach triasu z dotychczas badanych wierceń Polski północno-wschodniej.

Zespół minerałów ilastych we frakcjach wydzielonych z łożysk i piaskowców jest jednakowy, wszędzie zidentyfikowano bowiem obecność minerałów grupy hydromik, kaolinitu i minerałów o pakietach mieszanych chlorytowo-montmorylonitowych. Jednakże ilościowe stosunki tych minerałów różnią się — zwłaszcza stosunek hydromik do kaolinitu — i wyznaczają odrębne fizyczno-chemiczne warunki środowiska sedymentacyjnego. Wartości tego stosunku w badanych skałach mieszczą się w granicach 0,2÷12. Wykazano, że stosunek hydromik do kaolinitu poniżej 3 związany jest z osadami powstającymi w płytkich, peryferycznych, mało zasolonych zbiornikach wodnych typu lagunowego lub deltowego. Dla osadów kajpru z otworów wiertniczych Połczyn Zdrój i Kamień Pomorski wynosi on kolejno w wartościach średnich 2,4 i 1,6 (tab. 2).

Większy stosunek hydromik do kaolinitu odnosi się natomiast do utworów silnie zasolonej, wewnętrznej strefy zbiornika sedymentacyjnego (osady piaskowca pstrego z otworów wiertniczych Połczyn Zdrój i Kamień Pomorski) lub też dla serii osadów powstających w zmiennych warunkach sedymentacyjnych, z zaznaczającymi się wpływami środowiska morskiego, jak w przypadku kajpru i piaskowca pstrego z otworu wiertniczego Gorzów Wlkp.

Tabela 4

Średni stosunek zawartości pierwiastków śladowych do żelaza w osadach piaskowca pstrego *

Otwór wiertniczy	Skala	Mn/Fe	Cr/Fe	Ni/Fe	Co/Fe	Cu/Fe	V/Fe	Pb/Fe	Ga/Fe
Gorzów Wlkp.	piaskowce	2,5	0,15	0,30	0,02	0,05	0,14	n.o.	n.o.
	mułowce i ilowce	2,2	0,22	0,20	0,02	0,03	0,13	n.o.	n.o.
Połczyn Zdrój	piaskowce	4,4	0,13	0,17	0,08	0,09	0,83	0,01	0,03
	mułowce i ilowce	2,9	0,73	0,16	0,05	0,06	0,88	0,08	0,06
Kamień Pomorski	piaskowce	3,4	0,61	0,14	0,01	0,12	0,89	0,02	0,16
	mułowce i ilowce	2,8	0,75	0,24	0,06	0,10	1,07	0,01	0,06
Kołobrzeg	piaskowce	3,8	0,99	0,07	0,04	0,09	0,23	n.o.	n.o.
	mułowce i ilowce	2,0	0,23	0,06	0,02	0,05	0,14	n.o.	n.o.

* Przy obliczeniach stosunku pierwiastków śladowych do Fe wartości ich pomnożono przez 100.

Przy wnioskowaniu o warunkach środowiska sedymentacyjnego na podstawie występowania minerałów ilastych w skałach osadowych należy pamiętać, że mogą one być zarówno pochodzenia detrytycznego, jak i autigenicznego. Zawartość grupy minerałów o pakietach mieszanych, która uważana jest za wskaźnik osadów typu deltowego, jest w badanych utworach niska. Zaznaczyła się jednak podwyższona ilość minerałów tej grupy w triasie z otworu wiertniczego Gorzów Wlkp. oraz w kajprze z Połczyna Zdroju i częściowo w kajprze z Kamienia Pomorskiego. Powstawanie wymienionych skał zachodziło w zbiornikach typu lagunowego.

Opierając się na ustalonych prawidłowościach geochemicznych można scharakteryzować morze piaskowca pstrego z północno-zachodniej części wału pomorskiego jako płytki zbiornik o dużym zasoleniu, do którego był dostarczany okresowo materiał o podwyższonej zawartości pierwiastków śladowych, natomiast basen północnej części monokliny przedsudeckiej jako zbiornik o zmiennych wpływach środowiska lądowego i morskiego.

Ustalono na podstawie przeprowadzonych badań, że morze kajpru na obszarze północno-zachodniej części wału pomorskiego było spływającym się, mało zasolonym zbiornikiem, o przewadze materiału pochodzącego z wietrzenia lądowego. Ta seria skał w otworze wiertniczym Gorzów Wlkp. powstała w warunkach podwyższonego zasolenia. Należy dodać, że podana charakterystyka odnosi się raczej do serii osadów dolnego kajpru, w którym zaznaczyły się wyraźniej omawiane wskaźniki geochemiczne.

Wykonane pomiary pH wykazały, że utwory ilaste i piaszczyste z otworu wiertniczego Połczyn Zdrój i Kamień Pomorski odznaczają się

jednakowo silną zasadowością związaną głównie z dużą domieszką wapnia i magnezu. Środowisko powstawania większości osadów miało charakter utleniający z wyjątkiem nielicznych skał występujących w dolnym piaskowcu pstrym oraz w dolnym kajprze z otworu wiertniczego Kamień Pomorski.

W utworach dolnego kajpru z rejonu otworów wiertniczych Połczyn Zdrój i Kamień Pomorski stwierdzono koncentrację pierwiastków śladowych występującą również w otworach wiertniczych Magnuszew i Nidzica (A. Kabata-Pendias, 1964). Obok odrębnych warunków sedimentacyjnych, mogła wpłynąć na to zjawisko również kumulacja biologiczna względnie sorpcja przez substancję organiczną nagromadzoną w omawianych seriach.

Charakterystyczne dla osadów piaskowca pstręgo są strefy koncentracji niektórych badanych pierwiastków, na ogół w górnej części profilu tego oddziału.

W osadach całego triasu z rejonu otworów wiertniczych Połczyn Zdrój i Kamień Pomorski występują większe zawartości pierwiastków śladowych niż w utworach z otworów wiertniczych Kołobrzeg i Gorzów Wlkp. Obszar wyznaczony przez dwa pierwsze wiercenia znajdował się w strefie basenu sedimentacyjnego, do której dostarczany był materiał o podwyższonej zawartości badanych pierwiastków, lub też zachodziła tam spokojniejsza sedimentacja, zwiększająca stopień sorbowania pierwiastków przez ilaste frakcje osadów.

Zakład Geochemii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 17 stycznia 1967 r.

PIŚMIENNICTWO

- ARNOLD A. (1958) — Opracowanie petrograficzne kajpru w Gorzowie Wielkopolskim. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- DEGENS E. T., WILLIAMS E. G., KEITH M. L. (1957) — Geochemical criteria for differentiating marine and freshwater shales. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 41, p. 2427—2455.
- EL WAKEEL S. K., RILEY J. P. (1961) — Chemical and mineralogical studies of deep-sea sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, 25, p. 110—146.
- GAJEWSKA I. (1962) — Stratygrafia kajpru w otworach Gorzów Wlkp. IG I oraz Sulechów IG I w nawiązaniu do stratygrafii kajpru niemieckiego. Prz. geol., 10, p. 192—196, nr 4/5. Warszawa.
- GAJEWSKA I. (1964) — Trias górny i środkowy w otworze Połczyn Zdrój IG—I. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- GAJEWSKA I. (1965) — Nowe dane o rozwoju wapienia muszlowego i kajpru na Pomorzu Zachodnim. Prz. geol., 13, p. 220—222, nr 5. Warszawa.
- HARTMAN M. (1963) — Einige geochemische Untersuchung an Sandsteinen aus Perm und Trias. Geochim. Cosmochim. Acta., 27, p. 459—499.
- HAYES J. B. (1963) — Clay mineralogy of Mississippian strata of Southeast Iowa. Clays a. Clay Min., 10, p. 413—425.

- KABATA-PENDIAS A. (1964) — Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w osadach triasu w Magnuszewie. *Kwart. geol.*, 8, p. 582—597, nr 3. Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A. (1965) — Badania geochemiczne triasu z wierceń Polski północnej i północno-zachodniej. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A. (w przygotowaniu do druku) — Pierwiastki śladowe w utworach triasu z niektórych wierceń Polski północnej i północno-wschodniej.
- KANNO I., HONJO Y., ARIMURA S., TOKUDOME S., ONIKURA Y. (1964) — Genesis and characteristics of genetic soil type in the Matsuyama area, Shikoku. *Bull. Kyushu Agric. Exp. Sta.*, 10, p. 247—256.
- KRUMBEIN W. C., GARRELS R. M. (1952) — Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potential. *Journ. Geol.*, 60, p. 1—33.
- LESZCZYŃSKA Cz. (1960) — Petrografia wapienia muszlowego i retu w wiercieniu Gorzów Wlkp. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- NOWICKA M. (1960) — Opracowanie petrograficzne utworów triasowych w wiercieniu Gorzów Wlkp. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- NOWICKA M. (1965a) — Opracowanie petrograficzne piaskowca i kajpru z wiercienia Połczyn Zdrój IG-I. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- NOWICKA M. (1965b) — Opracowanie petrograficzne osadów piaskowca i kajpru w wiercieniu Kamień Pomorski IG I. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- PAWLUK S. (1963) — Characteristics of 14 Å clay minerals in the B horizons of podzolized soils of Alberta. *Clays a. Clay Min.*, 13, p. 74—82.
- SHOVER E. F. (1964) — Clay minerals environmental relationships in Cisco (U. Penn.) clays and shales, North Central Texas. *Clays a. Clay Min.*, 19, p. 431—443.
- SZYPERKO-SLIWCZYŃSKA A. (1964) — Dolny trias w północno-zachodniej części parantyklinorium pomorskiego. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- SZYPERKO-SLIWCZYŃSKA A. (1966) — Dolny trias na Pomorzu Zachodnim. *Kwart. geol.*, 10, p. 755—768, nr 4. Warszawa.
- WEAVER C. E. (1956) — The distribution and identification of mixed-layer clays in sedimentary rocks. *Am. Min.*, 41, p. 202—221.
- WEAVER C. E. (1958) — A discussion on the origin of clay minerals in sedimentary rocks. *Proc. 5 Nation. Conf. Clays a. Clay Min.* 566, p. 159—173.

Алина КАБАТА-ПЕНДИАС

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ПОЛЬШИ

Резюме

Предметом исследований были отложения триаса северо-западной части Поморского вала (буровые скважины По́лчин-Здруй, Камень-Поморски и Колобжег) и северной зоны Предсудетской моноклинали (буровая скважина Гожув-Велькопольски)

С целью познания пределов изменений химических и минералогических свойств отложений под влиянием определенных седиментационных условий были определены следующие группы геохимических показателей: 1. Распределение микроэлементов в разных типах горных пород и их фракциях, а также отношение содержания этих элементов к содержанию железа. 2. Состав глинистых минералов фракций менее 20 μ , выделенных из исследуемых горных пород. 3. *pH* и окислительно-восстановительное состояние горных пород.

Всего было изучено 368 проб триасовых отложений (табл. 1). На основании полученных результатов автор доказал, что глинистые породы, осаждающиеся во внутренней зоне седиментационного бассейна или в условиях спокойного осадконакопления, содержит больше микроэлементов, чем другие отложения. В мелководных же, внутриконтинентальных бассейнах или в их периферических зонах наблюдается увеличение количества этих компонентов в песчанниках.

Комплексы глинистых минералов во фракциях, выделенных из аргиллитов и песчанников одинаковы и состоят из минералов группы гидрослюд, каолинита и минералов со смешанными хлорито-монтмориллонитовыми пакетами. Количественные соотношения этих минералов, в частности отношение гидрослюд к каолиниту, разнятся и определяют иные физико-химические условия седиментационной среды. Значения обсуждаемого соотношения в исследуемых породах заключаются в пределах от 0,2 до 12. Доказывается, что соотношение гидрослюд к каолиниту менее 3 связано с породами, отлагающимися в мелководных, периферических слабосоленых бассейнах лагунного или дельтового типов. Более высокие соотношения этих минералов (более 3) характеризуют отложения сильносоленой, внутренней зоны седиментационного бассейна или осадки, образующиеся в изменяющихся прибрежных условиях с периодическими резкими влияниями морской среды. Содержание в исследуемых фракциях минералов со смешанными пакетами, как правило, небольшое. Только лишь в осадках бассейна лагунного типа отмечается повышенное количество этих минералов.

Исходя из выявленных геохимических закономерностей считается, что водоем пестрого песчанника в северо-западной части Поморского вала являлось мелководным, сильносоленым бассейном, в который периодически привносился материал с повышенным содержанием микроэлементов, а бассейн северной зоны Предсудетской моноклинали — водоемом с меняющимися влияниями континентальной и морской сред. Кейперовое море представляло собой обмелевающийся, слабосоленный водоем с преобразованием материала, образующегося в результате континентального выветривания в пределах северо-западной части Поморского вала. Это море в районе буровой скважины Гожув-Велькопольски проявляло более высокую степень соленности и переменные континентальные и морские влияния.

Alina KABATA-PENDIAS

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TRIASSIC FORMATIONS FROM THE NORTH-WESTERN AREAS OF POLAND

Summary

The Triassic deposits have been studied from the north-western part of the Pomeranian swell (bore holes Połczyn Zdrój, Kamień Pomorski and Kołobrzeg), and of the northern zone of the Fore-Sudetic monocline (bore hole Gorzów Wielkopolski).

In order to know the range of the chemical and mineralogical changes in properties of deposits, caused by a definite sedimentary environment, the following groups of geochemical coefficients have been determined: 1 — distribution of trace elements in various rock types and in their fractions, and a ratio of contents of these chemical elements to iron, 2 — mineral composition of clay fractions $< 20 \mu$, separated from the rocks examined, 3 — pH, and oxidation-reduction potential of deposits.

In general, 368 samples of the Triassic deposits were examined (Table 1). The results obtained allow to state that clay formations laid down within the internal zone of a sedimentary basin, or under conditions of quiet sedimentation, contain more trace elements than other deposits. On the other hand, in shallow inland basins, or within their peripheral parts, an increase in these elements can be observed in sandstones.

Assemblage of clay minerals that occur in the fractions separated from the claystones and sandstones, is uniform and consists of minerals that belong to the group of hydromicas, of kaolinite and of mixed-layer chlorite-montmorillonite minerals. Quantitative relations of these minerals are changing, particularly hydro-mica-kaolinite ratio, and define the different physico-chemical conditions of sedimentary environment. The value of the ratio in the rocks examined ranges from 0.2 to 12. It has also been demonstrated that the hydromica-kaolinite ratio below 3 is connected with the deposits laid down in shallow, peripheral, low-salinity water basins of lagoon or delta type. On the other hand, a higher ratio of these minerals (more than 3) is characteristic for the formations of strongly saline, internal zone of sedimentary basin, or for the series of deposits laid down under changing, near-shore conditions, periodically strongly influenced by marine environment. As a rule, mixed-layer minerals are rarely found in the fractions examined. An increased quantity of these minerals was reported to appear only in the deposits laid down in a basin of lagoonal type.

On the basis of some defined geochemical rules, the Buntsandstein sea of the north-western part of the Pomeranian swell can be regarded as a shallow, highly saline basin, periodically supplied with materials characterized by an increased amount of several trace elements. On the other hand, the basin of the northern zone of the Fore-Sudetic monocline is thought to represent a basin influenced by changing continental and marine environments. Keuper sea was a slightly saline and shallowing basin. Here predominated continental weathering material that originated from the north-western area of the Pomeranian swell. In the region of the bore hole Gorzów Wielkopolski, in turn, the Keuper sea revealed an increase in salinity and some changing influenced by continental and marine environments.