

Henryk JURKIEWICZ, Ludwik LENARTOWICZ

Przejawy mineralizacji w karbonie dolnym i permie na przykładzie profilu Studzianna

WSTĘP

Artykuł niniejszy został opracowany na podstawie danych z otworu wiertniczego Studzianna IG-2, położonego w centralnej części antykliny gielniowskiej (fig. 1). Uzyskano tu bardzo interesujący profil geologiczny od środkowej jury do stropu dolnego karbonu włącznie, z nieznaczną luką stratygraficzno-erozyjną obejmującą górny i częściowo dolny (?) karbon (fig. 2 i 3).

W artykule omówiono litologię, stratygrafię i mineralizację utworów karbonu i permu ze szczególnym uwzględnieniem białego spągowca i łupku miedzionośnego. Zagadnienia mineralizacji opracowano na podstawie analiz chemicznych i spektrograficznych wykonanych w Laboratorium Oddziału Świętokrzyskiego IG w Kielcach oraz badań mikroskopowych szlifów opracowanych przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Warszawie i Oddział Świętokrzyski IG w Kielcach.

LITOLOGIA I STRATYGRAFIA

KARBON DOLNY(?)

Utwory karbonu dolnego? występują na głębokości 4060,7—3976,0 m. Są one reprezentowane od dołu przez piaskowce szarogłazowe szarozielonawe z przewarstwieniami ciemnych mułowców i ilowców, zawierających dość często zwęglone resztki flory, wyżej zaś przez piaskowce szare, brunatnoszare z wkładkami brunatnowiśniowych i szarozielonawych mułowców z florą. W najwyższej części omawianego odcinka karbonu występują wkładki zlepieńców polimiktycznych złożonych z okruchów skaleni, kwarcu, krzemieni, skał krystalicznych i detrytycznych. Spoiwo wszyst-

kich piaskowców dolnokarbońskich jest dość jednolite, krzemionkowo-żelazisto-wapniste. Upady utworów są duże, wahają się od 40 do 80°. Występują tu liczne spękania, ślizgi i drobne uskoki (tab. I, fig. 4 i 5), które świadczą o bardzo silnej tektonice dysjunktywnej. Przypuszczać należy, że w obrębie karbonu otwór Studzianna IG-2 był głębiony w strefie przyuskokowej albo międzyuskokowej, z wyraźnie zaznaczoną kompresją.

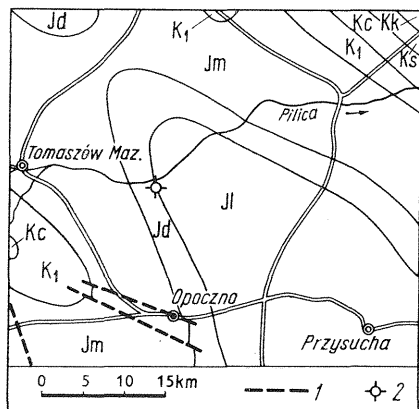


Fig. 1. Sytuacja geologiczna otworu Studzianna IG-2 (wycinek mapy geologicznej Polski wg J. Sokołowskiego)

Geological position of borehole Studzianna IG-2 (fragment of the geological map of Poland by J. Sokołowski)

Kk — kampan; Ks — santon; Kc — cenoman; K1 — kreda dolna; Jm — jura górna; Jd — jura środkowa; JI — jura dolna; 1 — uskoki; 2 — otwór wiertniczy Studzianna IG-2

Kk — Campanian; Ks — Santonian; Kc — Cenomanian; K1 — Lower Cretaceous; Jm — Upper Jurassic; Jd — Middle Jurassic; JI — Lower Jurassic; 1 — faults; 2 — borehole Studzianna IG-2

Przeprowadzone przez A. Jachowicza badania palinologiczne utworów ilasto-mułowcowych omawianego ogniwa karbonu nie pozwoliły na bliższe zaszeregowanie stratygraficzne badanych warstw. Biorąc pod uwagę fakt zalegania tych skał poniżej utworów czerwonego spagowca oraz liczne szczątki zwęglonych roślin (tkanki), utwory te nie mogą być starsze od karbonu (tabl. I, fig. 6). Z dużym prawdopodobieństwem można je zaliczyć do karbonu dolnego, przypuszczalnie do wizenu?.

CZERWONY SPAGOWIEC

W otworze Studzianna IG-2 perm reprezentują utwory czerwonego spagowca i cechsztynu. Czerwony spagowiec występuje w interwale 3976,0—3896,0 m. W jego profilu obserwuje się wyraźną dwudzielność litologiczną. Od głębokości 3976,0 do 3936,2 m występują zlepieńce grubookruchowe (tabl. I, fig. 7), złożone z różnie obtoczonych fragmentów wapieni, dolomitów amfiporowych i stromatoporowych, kwarcytów, drobnych okruchów skał głębinowych i toczeńców skał ilastych. Udział otoczaków kwarcytowych wzrasta w kierunku stropu zlepieńca. W interwale 3936,2—3896,0 m występują piaskowce szarogłazowe, brunatnowisniowe, o spoiwie żelazisto-ilastym i krzemionkowo-żelazistym, z niewielkim udziałem węglanów. W obrębie piaskowców spotyka się przeławicenia zlepieńców średnioziarnistych z przewagą okruchów kwarcytów i piaskowców kwarcytowych.

Na podstawie analizy składu petrograficznego, granulometrycznego i stopnia obtoczenia okruchów można stwierdzić, że zlepieniec dolnopermski jest bardzo zbliżony litologicznie do zlepieńców zygmunto-wskich z po-

łudniowego obszaru Gór Świętokrzyskich, zaliczanych do cechsztynu dolnego. Zbieżność litologiczna tych zlepieńców nie może jednak przesądzać o ich równowiekowości. Przypuszczać można, że leżą one diachronicznie, a więc są coraz to starsze idąc z południa na północ. Może również istnieć i taka możliwość, że zlepieniece zyguntowskie i ze Studzianny są równowiekowe i należą do dolnego permu, co byłoby jednak sprzeczne z danymi paleontologicznymi (J. Czarnocki, J. Samszonowicz, 1913; A. Kostecka, 1966). Dolnopermski wiek zlepieńców ze Studzianny nie ulega wątpliwości. Leżą one pod cyklotemem werra, poniżej białego spągowca, a na utworach karbonu.

CECHSZTYN

Utwory cechsztynu występują w interwale 3896,0—3142,0 m. Na podstawie próbek zwiercinowych i wyników badań geofizycznych wydzielono tu cztery cyklotemy: werra (Z1) — głęb. 3896,0—3592,0; stassfurt (Z2) — głęb. 3592,0—3327,0 m; leine (Z3) — głęb. 3327,0—3252,0 m; aller (Z4) — głęb. 3252,0—3142,0 m.

Cyklotem werra w interwale 3896,0—3889,8 m reprezentuje biały spągowiec, zbudowany z piaskowca drobnoziarnistego, szarego, o spoiwie dolomityczno-krzemionkowym. W spągu tego piaskowca występuje zlepieniec podstawowy o miąższości 10 cm, złożony z okruchów szarych i różowawych piaskowców, toczenców zielonawych iłowców oraz dość dobrze obtoczonych ziaren kwarcu o średnicy 0,2—0,9 cm. Materiał budujący zlepieniec pochodzi prawdopodobnie z miejscowych przerobionych utworów czerwonego spągowca. Na głębokości 3889,8—3888,4 m występują margle dolomityczne prawie czarne z przewarstwieniami łupków tej samej barwy. Warstwy te są odpowiednikiem tzw. łupków miedzionośnych. Wyżej (3888,4—3872,5 m) wyróżniono wapień podstawowy, złożony z dolomitów marglistych i margli dolomitycznych, oraz dolomity cienkoławicowe zwarte, ale dość intensywnie spękane. W obrębie dolomitów w płytkach cienkich spotyka się spirytyzowane przekroje otwornic, głównie z rodzaju *Agathamina*. W interwale 3872,5—3824,0 m wyróżniono anhydryt podstawowy cyklotemu werra, zbudowany z anhydrytu szarego i jasnoszarego, typu alabastru, o teksturze drobnowarstewkowej, fałistej lub typowo trzewiowej (tabl. I, fig. 9). W dolnej części zawiera on liczne nieregularne wkładki ciemnoszarych dolomitów (tabl. I, fig. 8), w stropie zaś wkładki ciemnych iłów dolomitycznych. Na głębokości 3824,0—3730,0 m występują sole najstarsze. Są one białe, przezroczyste, kilkakrotnie przewarstwiane anhydrytem z wpryśnięciami soli szarych i szarych łupków solnych. Wyżej (3730,0—3592,0 m) występuje anhydryt stropowy zbudowany z ławic w wkładkami szarych iłów.

Cyklotem stassfurt rozpoczynają utwory dolomityczno-margliste występujące na głęb. 3592,0—3584,5 m. Zaliczono je do dolomitu głównego, który w omawianym profilu rozwinięty jest w facji marglisto-dolomitycznej morza głębszego. Sole starsze z przerostami anhydrytu występują w interwale 3584,5—3334,0 m. Reprezentuje je sól kamienna przezroczysta, a w górnej partii często zabarwiona różowo. Nie stwierdzono tu soli potasowych.

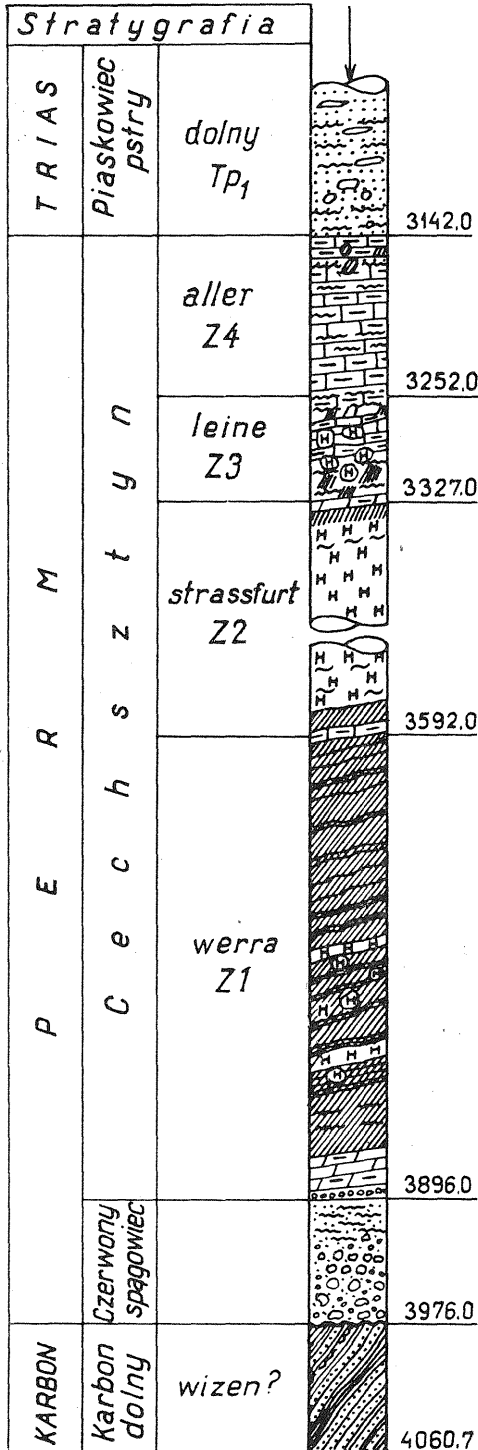
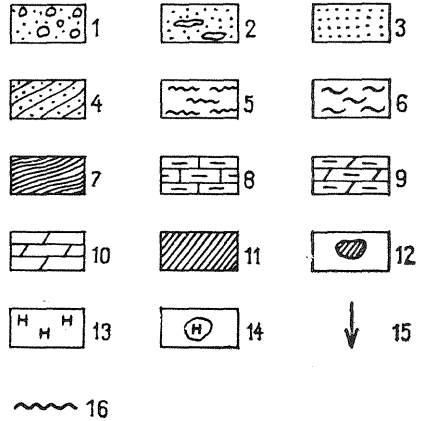


Fig. 2. Profil litostratigraficzny utworów w otworze Studzianna IG-2

Lithostratigraphic columnar section of deposits in borehole Studzianna IG-2

1 — zlepienie polimiktyczne; 2 — piaskowce z toczkami ilowców; 3 — piaskowce o teksturze bezładnej; 4 — piaskowce o strukturze warstwowej; 5 — mułowce; 6 — ilowce; 7 — łupki ilaste; 8 — margle; 9 — margle dolomityczne; 10 — dolomity; 11 — anhydryty i gipsy; 12 — wprysnięcia i druzi gipsów; 13 — sole; 14 — druzi i wprysnięcia soli kamiennej; 15 — oś profilu; 16 — nieciągłość stratygraficzna

1 — polymictic conglomerates; 2 — sandstones with clay galls; 3 — sandstones of random structure; 4 — sandstones of bedded structure; 5 — siltstones; 6 — claystones; 7 — clayey shales; 8 — marls; 9 — dolomitic marls; 10 — dolomites; 11 — anhydrites and gypsum; 12 — inclusions and druses of gypsum; 13 — salts; 14 — druses and inclusions of rock salt; 15 — axis of columnar section; 16 — stratigraphic discontinuities



Cyklotem leine w dolnej części (3327,0—3323,0 m) reprezentują dolomity margliste, słone, szarozielonawe i brunatnowiśniowe z przewarstwieniami łupków czerwonych, odpowiadające szarym ilom solnym, wyżej zaś (do głęb. 3308,0 m) margle szarozielonawe, z wkładkami słonych ilów dolomitycznych z gipsem, odpowiadające prawdopodobnie anhydrytowi głównemu, a także częściowo solom młodszym. Następnie w interwale 3308,0—3298,6 m występują margle szare, z przewarstwieniami ilów zawierających kryształki przezroczystej soli kamiennej, odpowiadające również poziomowi soli młodszych. Wyżej (3298,6—3252,0 m) leżą margle tej samej barwy z przewarstwieniami mułowców dolomitycznych i ilowców brunatnowiśniowych oraz z drobnymi przerostami białego i różowego gipsu, anhydrytu i kryształków soli. Ten ostatni odcinek może być częściowym odpowiednikiem soli młodszych i anhydrytu stropowego.

Cyklotem aller wykształcony jest w facji ilastej. W dolnej części (3252,0—3248,0 m) są to ily wapniste, plastyczne, brunatnowiśniowe, wyżej zaś (do głęb. 3148 m) utwory marglisto-mułowcowe z warstewkami piaskowców w przedziale od 3152 do 3148 m. Najwyższa część tego cyklotemu to ilowce wapniste, brunatnowiśniowe, z przewarstwieniami margli.

Utwory permu w profilu otworu Studzianna IG-2 nie posiadają większych zaburzeń tektonicznych. Upady osadów zarówno czerwonego spągowca, jak i cechsztynu nie przekraczają 5—7°. W cechsztynie nie obserwuje się typowej halokinezy. Niewielkie zaburzenia w obrębie soli cyklotemu stassfurt sprowadzają się do typu poduszkowego, co powoduje znaczne zwiększenie miąższości soli starszych w stosunku do tych samych soli z rejonu Szydłowca i Piotrkowa Trybunalskiego.

Z wyżej wymienionych czterech cyklotemów tylko cyklotemy werra i stassfurt posiadają typowy rozwój (G. Richter-Bernburg, 1955a,b), natomiast leine i aller nie mają w pełni rozwiniętych poziomów ewaporytowych i brak im typowych, podstawowych członów węglanowych. Ilasto-marglisto-piaszczysty rozwój cyklotemu aller świadczy o stopniowej likwidacji basenu sedymentacyjnego cechsztynu, w wyniku ruchów wznoszących, spowodowanych oddźwiękiem fazy palatynackiej.

PRZEJAWY MINERALIZACJI

W profilu osadów karbonu i permu występują interesujące przejawy mineralizacji kruszcowej. Dostarczają one ciekawych danych o poziomym rozprzestrzenieniu regionalnej mineralizacji i stanowią istotne przesłanki dla rozważań złożowych.

W klastycznych osadach karbonu dolnego mineralizacja ma charakter impregnacyjno-żyłowy. W całym profilu obserwuje się drobne skupienia krystalicznego hematytu oraz sporadycznie kryształki pirytu. Impregnacyjne skupienia błyszczu żelaza występują zarówno w spoiwie, jak i w okruchach skalnych. Ich średnica zmienia się od 0,1 do 0,5 mm, a niekiedy dochodzi do 2—3 mm.

Na głębokości od 4030,0 do 3980,0 m obok form impregnacyjnych powszechnie występują tekstury żyłowe. W wyniku wstępnych obserwacji wydzielono tu trzy generacje żył kalcytowych (tabl. II, fig. 11), charak-

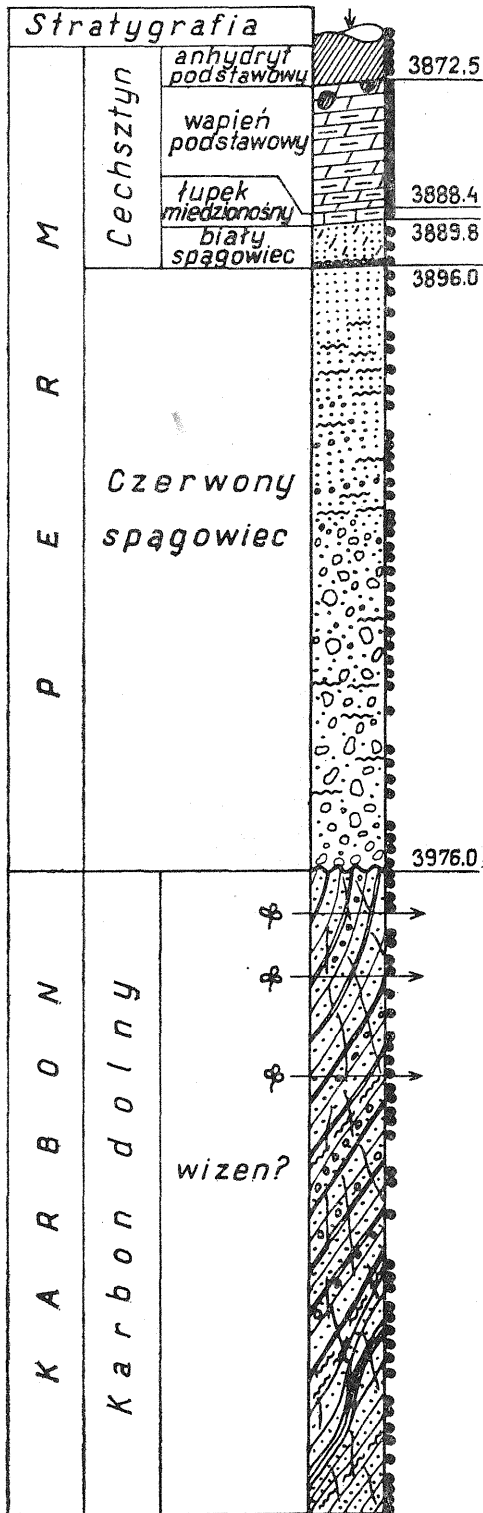
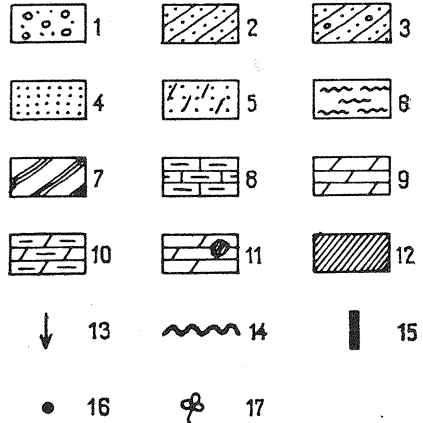


Fig. 3. Profil litologiczny dolnego karbonu i dolnej części permu w otworze Studzianna IG-2

Lithological columnar section of Lower Carboniferous rocks and the lower part of the Permian in borehole Studzianna IG-2

1 — zlepieńce polimiktyczne; 2 — piaskowce o teksturze warstwowej; 3 — piaskowce o teksturze warstwowej zlepieńcowate; 4 — piaskowce o teksturze beładnej; 5 — piaskowce dolomityczne; 6 — mułowce; 7 — warstewki łupków ilastych; 8 — margle; 9 — dolomity; 10 — dolomity margliste; 11 — dolomity z druzami anhydrytu; 12 — anhydryty; 13 — oś profilu; 14 — nieciągłość stratygraficzna; 15 — odcinki zagęszczonego opróbowania (odstępny poniżej 20 cm); 16 — punkty pobrania próbek; 17 — flora

1 — polymictic conglomerates; 2 — sandstones of bedded structure; 3 — conglomeratic sandstones of bedded structure; 4 — sandstones of random structure; 5 — dolomitic sandstones; 6 — siltstones; 7 — layers of clayey shales; 8 — marls; 9 — dolomites; 10 — marly dolomites; 11 — dolomites with anhydrite druses; 12 — anhydrites; 13 — axis of columnar section; 14 — stratigraphic discontinuities; 15 — segments where samples collected at smaller intervals (less than 20 cm); 16 — sampling sites; 17 — flora



teryzujących się różnym zespołem paragenetycznym. Pierwsza generacja, najstarsza jest reprezentowana przez żyły kalcytu o zabarwieniu ciemnoczerwonym, o grubości dochodzącej do 1 cm, lub tworzy nieregularne formy gniazdowe, żyłowo-gniazdowe, brekcjowe i in., w obrębie których w postaci skupień blaszek występuje obficie błyszcz żelaza — spekularyt (tabl. II, fig. 10). Dość często w kalcyście obserwuje się pojedyncze kryształki kwarcu, rzadziej chalkopiryt z pstryimi nalotami bornitowymi, a także piryt. Drugą generację żył, młodszą od poprzedniej, stanowi kalcyt o zabarwieniu mlecznobiałym z czerwonymi plamami, zawierający kwarc, baryt i rzadziej błyszcz żelaza. W większości przypadków żyły kalcytu tej generacji mają budowę symetryczną. Na ich kontakcie ze skałą otaczającą występują kryształki kwarcu o wymiarach do 1 mm (tabl. III, fig. 13). Trzecia generacja kalcytu, również o zabarwieniu mlecznobiałym, tworząca nieregularne żyłki o grubości kilku milimetrów, przecina żyły dwóch poprzednich generacji. Ten typ użyień, któremu niekiedy towarzyszy kwarc, rejestrowany jest również w osadach nadległych czerwonego spągowca.

W utworach czerwonego spągowca występują powszechnie drobne, rzędu ułamka milimetra, impregnacje błyszczu żelaza. Rzadko spotyka się piryt i galenę. Zmiana charakteru mineralizacji następuje w stropowej części serii klastycznej, wydzielonej jako biały spągowiec należący już do cechsztynu. W poziomie tym nie spotyka się już spekularytu, natomiast często występuje piryt w postaci małych, rozproszonych lub zagęszczonych kuleczek. Czasem przyjmuje on formy o prawidłowych zarysach krystalograficznych. Siarczek ten dość często przerośnięty jest z autogeniczną krzemionką lub też spaja drobniejsze okruszki skalne. W sąsiedztwie smużek substancji bitumicznej umiejscawiają się drobne skupienia sfalerytu oraz mikrożyłki kalcytu z kwarcem.

W osadach cechsztynu są dwa rodzaje mineralizacji: rozproszona siarczkowa, związana ze środowiskiem sedymentacji, oraz epigenetyczna, wykazująca wyraźne powiązanie z płaszczynami spękań. Mineralizację syngenetyczną, z wyjątkiem pirytu, stwierdzono wyłącznie na podstawie badań mikroskopowych, które wykazały obecność siarczków żelaza i cynku, rzadziej ołowiu. Piryt przyjmuje formy mikroskopijnych grudek, rozsianych w całej skale, lub też tworzy smugowe skupienia wokół nagromadzeń substancji bitumicznej (tabl. III, fig. 14). W podobny sposób występuje sfaleryt i galena.

Przejawy okruszczenia epigenetycznego notowane są w całym profilu dolnego cechsztynu, a szczególnie w poziomie łupków miedzionosnych i spągowej części wapienia podstawowego cyklotemu werra (Z1). Są to cienkie (grubości ułamka milimetra) żyłki sfalerytu lub też grubsze żyłki (2—3 mm) krystalicznego, mlecznobiałego kalcytu z tkwiącymi w nim: sfalerytem, pirytem, galeną i chalkopirytem z bornitowymi nalotami. Często są także naskorupienia lub drobne kryształki powyższych siarczków na płaszczynach spękań i w szwach stylolitowych.

Przejawy mineralizacji w klastycznych osadach karbonu dolnego i czerwonego spągowca są zbliżone do polimetalicznej mineralizacji typu Miedzianki (Z. Rubinowski, 1971), natomiast zespół siarczków i sposób ich występowania w osadach cechsztynu jest typowy dla cechsztynu zachodniego i północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Mineralizacja

rozproszona ma charakter osadowy, natomiast mineralizacja żyłowo-szczelinowa, wykazująca wyraźny z nią związek, jest wynikiem sekrecyjnego przemieszczania się siarczków osadowych (A. Kostecka, 1966; Z. Rubiński, 1971).

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA BADANYCH OSADÓW

Zawartość pierwiastków śladowych w próbkach (pobranych punktowo i bruzdowo) oznaczono metodą spektralną. Badania wykonano na spektrografie kwarcowym Q-24 z zastosowaniem wzorców syntetycznych o podłożu piaskowcowym, ilastym, marglistym, wapiennym, dolomitycznym i gipsowym. Określono ilościowo zawartość Zn, Pb, Cu, Ag, Ni, Co, V, Cr, Sn, Ba i Sr uzyskując wykrywalność 1 ppm dla Cu, Ag, Co i Sn oraz 10 ppm dla pozostałych pierwiastków. Wykrywalność cynku — około 10 ppm — osiągnięto w wyniku zastosowania prądu o natężeniu 8 A w czasie 10 s, lub prądu o natężeniu 4 A w czasie 30 s i zmianie biegunów. Ponadto metodą półilościową i jakościową oznaczono zawartość Mo, Bi, As, Sb, Cd, Zr i Be. W celu scharakteryzowania warunków oksydacyjno-redukcyjnych środowiska sedymentacji badanych skał określono zawartość Fe^{2+} i Fe^{3+} , natomiast próbki z poziomu łupków miedzionośnych i dolnej części wapienia podstawowego cyklotemu Z1 (głęb. 3880,0—3890,0 m), pobrane metodą ciągłą (odcinki 20 cm), poddano ekstrakcji na zawartość bituminów. Uzyskane wyniki wykorzystano do zbadania zależności między nimi a koncentracją określonych mikroelementów. Zależności te oraz zależności między poszczególnymi parami pierwiastków ustalono za pomocą współczynników korelacji rangowej Spearmana (r_s). Określenia ich istotności dokonano przez porównanie ich z wartością krytyczną obliczoną metodą Van der Waerdena.

Spśród zespołu analizowanych pierwiastków w żadnej z badanych próbek nie wykryto Sb i Cd, w nikłych śladach napotkano Zr i Be, natomiast bardzo rzadko, w granicach kilku lub kilkunastu ppm, występował Mo, Bi, As, Sn. W znacznej części próbek wykryto Zn, Pb, Cu, Ag, Ni, Co, V, Cr, Ba i Sr, reagujące na zmiany facjalne środowiska. Ich średnie zawartości z uwzględnieniem rozrzutu zestawiono w tab. 1.

Profil geochemiczny osadów karbonu wykazuje znikome zróżnicowanie. Średnie zawartości poszczególnych mikroskładników są zbliżone do zawartości przeciętnych dla skał okrucowych i charakteryzują się niewielką dyspersją. Jedynie koncentracje Pb w niektórych próbkach są wyższe i dochodzą do kilkuset ppm.

Zróżnicowanie utworów czerwonego spągowca na serię zlepieńcową i piaskowcową w nieznaczny sposób odbija się w zawartości pierwiastków śladowych. W części dolnej, charakteryzującej się przewagą materiału zlepieńcowatego, zawartość Zn, Pb, Ni i Co jest wyższa, a Ba i Sr niższa od zawartości pozostałych mikroskładników. Koncentracja Zn mieści się w granicach wykrywalności metody, Ni i Co występują w ilościach przeciętnych, natomiast zawartość Pb zmienia się od 10 do 4500 ppm. Maksy-

Tabela 1

Srednie (liczba górna) i skrajne (liczby dolne) zawartości pierwiastków śladowych w osadach karbonu i permu z otworu Studzianna IG-2 w ppm

Stratygrafia		Liczba próbek	Zn	Pb	Cu	Ag	Ni	Co	V	Cr	Ba	Sr
Cechsztyń	Z3	8	0 0-50*	6 0-20	29 5-60	0 0-0	46 20-70	21 0-40	265 50-800	81 30-250	510 60-1200	1105 30-5400
	Z1	13	0 0-3600*	22 0-70	14 1-100	0,3 0-1	5 0-50	0 0-0	11 10-20	0 0-10*	26 10-50	1558 260-4000
		40	453 0-2100	942 20-8130	108 20-510	0,3 0-3	38 10-140	18 0-100	126 0-680	29 10-90	360 10-3450	170 10-750
		8	1010 40-3350	371 30-1100	248 10-660	2,0 0-5	59 20-110	51 30-90	373 50-1150	39 20-80	39 10-90	171 10-660
		40	7 0-40	171 0-4500	23 5-150	0 0-1	22 0-70	2,5 0-30	29 10-80	30 10-70	990 170-3200	1495 350-3850
	Karbon dolny	42	20 10-40	48 10-450	15 2-50	0 0-1	21 10-50	5,5 0-30	61 15-90	23 10-70	636 10-1850	789 300-1400

* Zawartość pierwiastka stwierdzona w 1 próbce.

Tabela 2

Współczynniki korelacji rangowej Spearmana pierwiastków śladowych w osadach karbonu i permu z otworu Studzianna IG-2

Stratygrafia		Zn/Pb	Zn/Cu	Pb/Cu	Ni/Co	Ni/V	Ni/Cr	Co/V	Co/Cr	V/Cr	Ba/Sr	
Cechsztyń	Z3	+0,813 (0,740)	+0,298 (0,740)	+0,239 (0,740)	-0,005 (0,740)	+0,952 (0,740)	+0,239 (0,740)	-0,190 (0,740)	+0,608 (0,740)	+0,197 (0,740)	+0,881 (0,740)	
	Z1	anhydryt podstawowy	+0,588 (0,565)	+0,614 (0,565)	0,000 (0,565)	+0,728 (0,565)	+0,782 (0,565)	+0,835 (0,565)	+0,835 (0,565)	+0,893 (0,565)	+0,768 (0,565)	-0,588 (0,565)
		wapień podstawowy	+0,653 (0,313)	+0,357 (0,313)	+0,783 (0,313)	+0,810 (0,313)	+0,465 (0,313)	+0,772 (0,313)	+0,464 (0,313)	+0,705 (0,313)	+0,696 (0,313)	+0,775 (0,313)
		łupek miedzio- nośny	+0,620 (0,740)	+0,292 (0,740)	+0,280 (0,740)	+0,512 (0,740)	+0,369 (0,740)	+0,620 (0,740)	-0,476 (0,740)	+0,554 (0,740)	-0,038 (0,740)	+0,500 (0,740)
Czerwony spągowiec		+0,407 (0,314)	+0,267 (0,314)	+0,324 (0,314)	+0,640 (0,314)	+0,470 (0,314)	+0,140 (0,314)	+0,188 (0,314)	+0,018 (0,314)	+0,261 (0,314)	+0,878 (0,314)	
Karbon dolny		+0,313 (0,306)	+0,192 (0,306)	+0,202 (0,306)	+0,811 (0,306)	+0,060 (0,306)	+0,653 (0,306)	+0,204 (0,306)	+0,571 (0,306)	+0,188 (0,306)	+0,689 (0,306)	

Uwaga: w nawiasach podano wartości krytyczne współczynnika korelacji rangowej przy poziomie istotności 0,05.

malne zawartości Ba i Sr dochodzą do kilkuset ppm. W górnej części czerwonego spągowca koncentracje większości pierwiastków wyrównują się i są zbliżone do zawartości przeciętnych. Jedynie nagromadzenie Ba i Sr wzrasta do 2000—3000 ppm i podobnie jak w części spągowej zaznacza się między nimi wyraźna współzależność, wyrażona wysoką, dodatnią wartością współczynnika korelacji rangowej Spearmana (tab. 2). Zależność ta wskazuje na ich hydrotermalne pochodzenie. Za tą hipotezą przemawiają również podwyższone koncentracje tych pierwiastków w partiach rdzenia charakteryzujących się obfitą mineralizacją epigenetyczną.

Cechą charakterystyczną klastycznych osadów dolnego karbonu i czerwonego spągowca są wybitnie utleniające warunki ich powstawania. Zmiana środowiska utleniającego na redukcyjne zachodzi na głęb. 3896,0 m, będącej dolną granicą białego spągowca. Zawartość pierwiastków śladowych w tym poziomie nie odbiega od zawartości stwierdzonych w czerwonym spągowcu (z wyjątkiem Ba i Sr, których zawartość w czerwonym spągowcu spada do kilkuset ppm), dlatego też w obliczeniach zawartości średnich i współczynników korelacji rangowej Spearmana obydwa wydzielenia ujęto łącznie.

W poziomie łupków miedzionośnych również panują warunki redukcyjne i obecny jest pełny zespół badanych pierwiastków. Średnie zawartości Zn, Pb i Cu wynoszą odpowiednio 1010, 371 oraz 248 ppm i są kilkakrotnie wyższe od koncentracji przeciętnych dla osadów cechsztynu (H. Tondorf, 1965; H. Ważny, 1967, 1968, 1970; A. D. Kaniszczew, G. I. Menaker, 1974). Również średnia zawartość Ag (2 ppm) należy do wysokich i nie jest zbyt często notowana w osadach cechsztynu świętokrzyskiego. Powszechnie obserwowana wyraźna przewaga Ni nad Co zmniejsza się w poziomie łupków miedzionośnych i stosunek ich zawartości średnich wynosi 1,1. Stopniowo wzrastająca ku stropowi przewaga Sr nad Ba świadczy o wzroście zasolenia w zbiorniku sedymentacyjnym łupków miedzionośnych.

Mimo dużej jednorodności litologicznej poziomu wapieni podstawowych cyklotemu Z1 występujące w nim pierwiastki są silnie zróżnicowane. Zawartość Zn i Pb, a częściowo także Cu i Ag w spągu i stropie tego poziomu zbliżona jest do koncentracji tych pierwiastków w łupkach miedzionośnych. Na uwagę zasługuje przeciętna zawartość Pb (942 ppm) przy dyspersji w granicach 20—8130 ppm. W poziomie wapieni podstawowych panują warunki utleniająco-redukcyjne. Zawartość Ba i Sr jest tu wyższa niż w poziomie łupków. Pozostałe pierwiastki występują w ilościach przeciętnych, przy czym koncentracja V konsekwentnie maleje ku stropowi. Szczegółowa analiza zawartości tego pierwiastka w profilu otworu Studzianna IG-2, jako mikroelementu silnie sorbowanego przez minerały ilaste oraz uczestniczącego w procesach biochemicznych świata organicznego, doskonale rejestruje zmiany zachodzące w środowisku sedymentacji. Wzrost lub spadek jego zawartości pozostaje w wyraźnej zależności od litologii osadów: w większych nagromadzeniach występuje on w skałach ilastych, natomiast zawartość jego maleje w utworach pochodzenia chemicznego. Wanad wykazuje również wyraźne skłonności do wyższej koncentracji w osadach powstających w warunkach redukcyjnych (tab. 1).

W poziomie anhydrytu podstawowego cyklotemu werra Zn, Ag, Ni, Co i Cr rejestrowane są w sporadycznych przypadkach. Zawartość V spada do granicy wykrywalności, natomiast Cu i Pb występują w niewielkich ilościach. Również koncentracje Ba (w granicach kilkudziesięciu ppm) i Sr (260—4000 ppm) są typowe dla osadów salinarnych. Ich współczynnik korelacji — istotny co do wartości, lecz ze znakiem ujemnym — świadczy o odwrotnie proporcjonalnej zależności ich występowania.

Wyższe ogniwa cechsztynu ze względu na bezrzedzeniowe głębinie otworu nie posiadają dokumentacji analitycznej. Nagromadzenie pierwiastków śladowych w kilku krótkich odcinkach rdzeni reprezentujących cyklotem Z3 jest uzależnione od charakteru litologicznego osadów i przypomina wyżej opisane.

W wyniku przeprowadzonych badań geochemicznych stwierdzono, że Pb, Zn, Cu, a częściowo także i Ag wykazują duże podobieństwo w rozmieszczeniu pionowym. Najwyższe ich koncentracje związane są z poziomem łupków miedzionośnych i wapieni podstawowych cyklotemu Z1, a zawartości średnie są wyższe od przeciętnych, rejestrowanych w ana-

Tabela 3

Współczynniki korelacji rangowej Spearmana między bituminami a pierwiastkami śladowymi poziomów wapienia podstawowego i łupku miedzionośnego z otworu Studzianna IG-2

Stratygrafia	bit./Zn	bit./Pb	bit./Cu	bit./Ni	bit./Co	bit./V	bit./Cr
Wapień podstawowy	+0,158 (0,357)	+0,053 (0,357)	+0,310 (0,357)	+0,080 (0,357)	+0,328 (0,357)	+0,312 (0,357)	+0,094 (0,357)
Łupek miedzionośny	+0,161 (0,740)	+0,114 (0,740)	+0,119 (0,740)	+0,167 (0,740)	+0,524 (0,740)	-0,140 (0,740)	+0,345 (0,740)

Uwaga: w nawiasach podano wartości krytyczne współczynnika korelacji rangowej przy poziomie istotności 0,05.

logicznych poziomach cechsztynu Polski zachodniej i północnej oraz na obszarze Niziny Niemieckiej (H. Ważny, 1967, 1968, 1970; H. Tondorf, 1965). Wykazują one duże podobieństwo do koncentracji tych pierwiastków w bitumicznych osadach dolnego cechsztynu okolic Gałęzic, Kajetanowa i Tumlina (Z. Rubinowski, 1971; Z. Kowalczewski, L. Lenartowicz, 1975).

Zawartość pierwiastków grupy żelaza — Ni, Co, V i Cr — mieści się w granicach przeciętnych, a ich związki korelacyjne są podobne do stwierdzonych przez H. Ważny (1967) w osadach cechsztynu monokliny przedsudeckiej.

Badania bitumiczności osadów dolnego cechsztynu w porównaniu z badaniami wykonanymi dla innych rejonów Gór Świętokrzyskich dały wynik negatywny. Zawartość bituminów wykazuje znikome różnicowanie w profilu pionowym, a ich maksymalne nagromadzenie wynosi 0,027%. Żaden z wyliczonych współczynników korelacji rangowej Spearmana (r_s) między bituminami a badanymi pierwiastkami nie przekroczył wartości

krytycznej (tab. 3). Stąd wniosek, że akumulacja pierwiastków w najbardziej interesującym odcinku cechsztynu dolnego jest wynikiem przede wszystkim silnie redukcyjnego środowiska i sorpcji minerałów ilastych.

Oddział Świętokrzyski
Instytutu Geologicznego
Kielce, ul. Zgoda 21

Nadesłano dnia 26 maja 1975 r.

PIŚMIENNICTWO

- CZARNOCKI J., SAMSONOWICZ J. (1913) — Przyczynek do poznania cechsztynu w granicach Wyżyny Świętokrzyskiej. Rozpr. PAU, B 53, p. 273—290. Warszawa.
- KOSTECKA A. (1962) — Charakterystyka zlepieńców cechsztyńskich synkliny gałęzicko-bolechowskiej (Góry Świętokrzyskie). Kwart. geol., 6, p. 416—433, nr 3. Warszawa.
- KOSTECKA A. (1966) — Litologia i stratygrafia cechsztynu synkliny gałęzicko-bolechowskiej (Góry Świętokrzyskie). Pr. geol. Komis. Nauk Geol. PAN, Oddz. w Krakowie, 38, Warszawa.
- KOWALCZEWSKI Z., LENARTOWICZ L. (1975) — Profil permu w północno-zachodniej części Gór Świętokrzyskich. Kwart. geol., 19, p. 597—622, nr 3. Warszawa.
- RICHTER-BERNBURG G. (1955a) Stratigraphische Gliederung des Deutsches Zechstein. Z. Dtsch. Geol. Ges., 105, nr 4. Hannover.
- RICHTER-BERNBURG G. (1955b) — Über saline sedimentation. Z. Dtsch. Geol. Ges., 105, nr 4. Hannover.
- RUBINOWSKI Z. (1971) — Rudy metali nieżelaznych w Górach Świętokrzyskich i ich pozycja metalogiczna. Biul. Inst. Geol., 247, p. 140—155. Warszawa.
- TONDORF H. (1965) — Beiträge zur Geochemie des rendnahen Zechsteins in den Mulden von Zeitz-Schmölln und Borna unter besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie. Berlin.
- WAŻNY H. (1967) — Pierwiastki śladowe w cechsztynie Polski zachodniej. Biul. Inst. Geol., 213, p. 5—71. Warszawa.
- WAŻNY H. (1968) — Badania geochemiczne cechsztynu z rejonu syneklizy perybaltackiej. Kwart. geol., 12, p. 78—90, nr 1. Warszawa.
- WAŻNY H. (1970) — Charakterystyka geochemiczna utworów cechsztynu północno-zachodniej Polski. Biul. Inst. Geol., 238, p. 137—165. Warszawa.
- КАНИЩЕВ А. Д., МЕНАКЕР Б. И. (1974) — Средне содержание 15 рудообразующих химических элементов в земной коре Забайкалья. Геох. 2. Москва.

Хенрик ЮРКЕВИЧ, Людвик ЛЕНАРТОВИЧ

ПРОЯВЛЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ И ПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА СТУДЗЯННА

Резюме

В статье рассмотрена литология, стратиграфия и минералогия нижнекаменноугольных и пермских отложений, залегающих на глубине 4060,7—3142,0 м (фиг. 2 и 3). Минерализация нижнекаменноугольных отложений носит импрегнационно-жильный характер. Основные скопления составляют кристаллический гематит и пирит (табл. II, фиг. 10 и 12). Выделено 3 генерации кальцитовых жил (табл. II, фиг. 11). Самая старшая генерация представлена жилами темнокрасного кальцита с многочисленными включениями железного блеска, реже халькопиритом с пестрыми борнитовыми налетами. Вторая генерация, моложе первой, представлена кальцитом молочнобелого цвета, содержащим кварц, барит, а реже железный блеск. Третью генерацию кальцита такой же самой окраски с мелкими включениями железного блеска, прорезают жилы двух предыдущих генераций. Такой же характер имеет минерализация отложений красного ледня.

В отложениях цехштейна наблюдается два вида минерализации: рассеянная сульфидная, соответствующая осадочной среде и эпигенетическая, связанная с плоскостями трещин. Сингенетическая минерализация представлена сульфидами железа и цинка, реже олова. Эпигенетическое оруденение проявляется в виде тонких сфалеритовых или сфалеритово-пиритово-галенитовых жилок с борнитовыми налетами в кристаллическом молочном кальците. Это оруденение проявляется главным образом в горизонте меденосных сланцев и подошвенной части основного известняка. Высшие звенья цехштейна, залегающие над циклотемом Верра не проанализированы, ввиду того, что скважина бурилась без отбора керна.

В результате исследований установлено, что в кластических нижнекаменноугольных отложениях и таких же породах красного ледня минерализация близка полиметаллической минерализации типа Медзянки (З. Рубиновски, 1971), а группа сульфидов в цехштейновых отложениях типична для цехштейна западного и северного обрамления Свентокшиских гор. Рассеянная минерализация имеет осадочный характер, а жильно-трещинная указывает на связь с ней и является результатом секреторного смещения осадочных сульфидов (А. Костецка, 1966; З. Рубиновски, 1971).

В результате геохимических исследований установлено, что размещение Pb, Zn, Cu и частично Ag по разрезу происходит почти одинаково, а самые большие их скопления связаны с горизонтом меденосных сланцев и главного доломита циклотема Z1. Среднее содержание этих элементов выше обычных концентраций, отмечаемых в аналогичных горизонтах цехштейна на западе и севере Польши, а также на территории Германской низменности (Х. Важны, 1970; Г. Тоядорф, 1965). Их концентрации очень похожи на концентрации этих элементов в битуминозных отложениях нижнего цехштейна в окрестностях Галэнзиц, Кастанова и Тумлина (З. Рубиновски, 1971).

Henryk JURKIEWICZ, Ludwik LENARTOWICZ

**SYMPTOMS OF MINERALIZATION IN LOWER CARBONIFEROUS
AND PERMIAN ROCKS EXEMPLIFIED BY COLUMNAR SECTION
AT STUDZIANNA**

S u m m a r y

In this article the authors deal with the lithology, stratigraphy and mineralization of Lower Carboniferous and Permian deposits occurring at a depth of 4 060.7 to 3 142.0 m in borehole Studzianna IG-2.

Mineralization of Lower Carboniferous rocks is of impregnation-vein character. The main concentrations consist of crystalline haematite and pyrite (Pl. II, Figs. 10, 12). Three generations of calcite veins have been distinguished here (Pl. II, Fig. 11). The oldest generation is represented by veins of dark-red calcite with abundant specularite, less commonly with chalcopyrite which bears bornite coating. The second generation, younger than the previously described one, consists of milk-white calcite, which contains quartz, barite, and — less frequently — specularite. The third generation of milk-white calcite, with fine impregnations of specularite, is intersected by veins of the two previously described generations. The mineralization of the Rotliegendes is of a similar character.

Two kinds of mineralization occur in Zechstein deposits: dispersed sulphide mineralization, connected with the sedimentation environment, and epigenetic mineralization, connected with planes of fractures. Syngenetic mineralization is represented by iron sulphides and zinc sulphides, less commonly by lead sulphides. Epigenetic mineralization consists of thin sphalerite veinlets or sphalerite-pyrite-galena veinlets with bornite coating, embedded in crystalline, milk-white calcite. This type of mineralization is mainly connected with the horizon of copper-bearing shales and the bottom part of basal limestone. The upper Zechstein members, overlying the Werra cyclothem, have not been analyzed since that part of the borehole was not cored.

An analysis of the deposit concerned shows that mineralization in the clastic rocks of the Lower Carboniferous and the Rotliegendes is similar to polymetallic mineralization of the Miedzianka type (Z. Rubinowski, 1971). On the other hand, the sulphides which occur in Zechstein rocks are typical of Zechstein deposits on the western and northern margins of the Góry Świętokrzyskie. Dispersed mineralization is of a sedimentary character; vein mineralization shows a distinct relationship with it and is a result of a secretory displacement of sedimentary sulphides (A. Kostecka, 1966; Z. Rubinowski, 1971).

Geochemical analyses show that Pb, Zn, Cu and, partly, Ag too, are characterized by similar vertical distribution, their highest concentrations being connected with the horizon of copper-bearing shales and cyclothem Z1. The average content of the above elements is higher than the average concentrations of these elements in analogical Zechstein horizons in western and northern parts of Poland and in the German Lowland (H. Ważny, 1970; H. Tondorf, 1965), but is similar to concentrations of these elements in the bituminous deposits of the Lower Zechstein from the vicinity of Gałęzice, Kajetanów, and Tumlin (Z. Rubinowski, 1971).

TABLICA I

- Fig. 4. Piaskowce szarogłazowe z wkładkami czarnych łupków, użyłone białym kalcytem i dolomitem. Karbon dolny; otwór Studzianna IG—2; głęb. 4044,4—4048,0 m; powiększenie zgodne z podziałką zamieszczoną na fig. 6
Greywacke sandstones with intercalations of black shales, veined with white calcite and dolomite. Lower Carboniferous; borehole Studzianna IG—2; depth 4044.4—4048.0 m; scale of enlargement shown in Fig. 6
- Fig. 5. Naprzemianległe piaskowce szarogłazowe i czarne łupki z żyłkami kalcytu, wzdłuż których widoczne są mikrotektoniczne przesunięcia. Karbon dolny; otwór Studzianna IG—2; głęb. 4043,4—4044,2 m; powiększenie zgodne z podziałką zamieszczoną na fig. 6
Alternating greywacke sandstones and black shales with calcite veins, along which microtectonic displacements can be observed. Lower Carboniferous; borehole Studzianna IG—2; depth 4043.4—4044.2 m; scale of enlargement shown in Fig. 6
- Fig. 6. Piaskowce szarogłazowe ze szczątkami zwęglonej flory. Karbon dolny; otwór Studzianna IG—2; głęb. 3983,0—3984,0 m
Greywacke sandstones with fragments of charred flora. Lower Carboniferous; borehole Studzianna IG—2; depth 3983.0—3984.0 m
- Fig. 7. Zlepnięcie polimiktyczne czerwonego spągowca — typ zlepieńców zygmun-towskich. Otwór Studzianna IG—2; głęb. 3936,0—3948,0 m
Polymictic conglomerates of Rotliegendes — type of Zygmun-towska conglomerates. Borehole Studzianna IG—2; depth 3936.0—3948.0 m
- Fig. 8. Przejście wapienia podstawowego w anhydryt podstawowy. Cyklotem werra (Z1); otwór Studzianna IG—2; głęb. 3863,0—3863,6 m
Transition of basal limestone into basal anhydrite. Werra cyclothem (Z1); borehole Studzianna IG—2; depth 3863.0—3863.6 m
- Fig. 9. Anhydryt podstawowy z zaznaczoną teksturą warstwową i trzewiową. Cyklotem werra (Z1); otwór Studzianna IG—2; głęb. 3850,0—3851,0 m
Basal anhydrite with marked bedded and enterolith structure. Werra cyclothem (Z1); borehole Studzianna IG—2; depth 3850.0—3851.0 m

TABLICA II

- Fig. 10. Blaszki spekularytu i kryształki kwarcu po wytrawieniu kalcytu 10% HCl. Karbon dolny; otwór Studzianna IG—2; głęb. ok. 4017,2 m; pow. 10 ×
Flakes of specularite and quartz crystals following treatment of calcite with 10 per cent solution of HCl. Lower Carboniferous; borehole Studzianna IG—2; depth about 4 017.2 m; × 10
- Fig. 11. Piaskowce zlepieńcowate z trzema generacjami żyłek kalcytu. Karbon dolny; otwór Studzianna IG—2; głęb. 4017,1—4017,2 m
Conglomerating sandstones with three generations of calcite veins. Lower Carboniferous; borehole Studzianna IG—2; depth 4017.1—4017.2 m
- Fig. 12. Piaskowce szarogłazowe; w górnej części figury brekcja piaskowców zlepieńcowatych spojona kalcytem ciemnoczerwonym w paragenizie ze spekularytem. Karbon dolny; otwór Studzianna IG—2; głęb. ok. 4010,5 m; wielkość naturalna
Greywacke sandstones; in the upper part visible breccias of conglomerating sandstones cemented with dark-red calcite, in paragenesis with specularite. Lower Carboniferous; borehole Studzianna IG—2; depth about 4010.5 m; natural dimensions

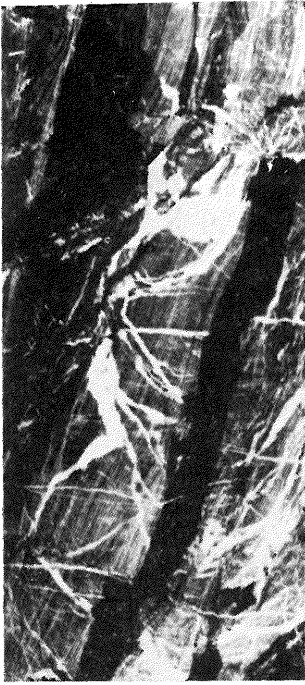


Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

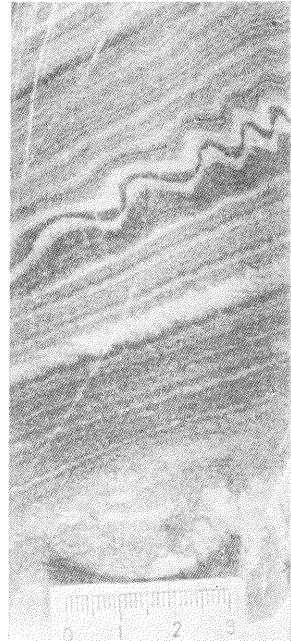


Fig. 9



Fig. 10

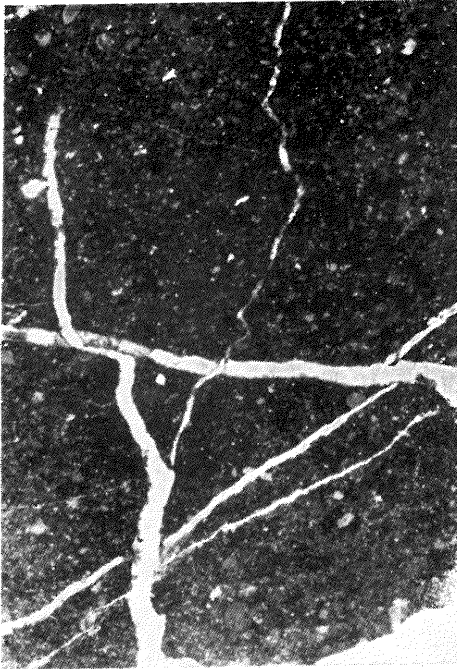


Fig. 11

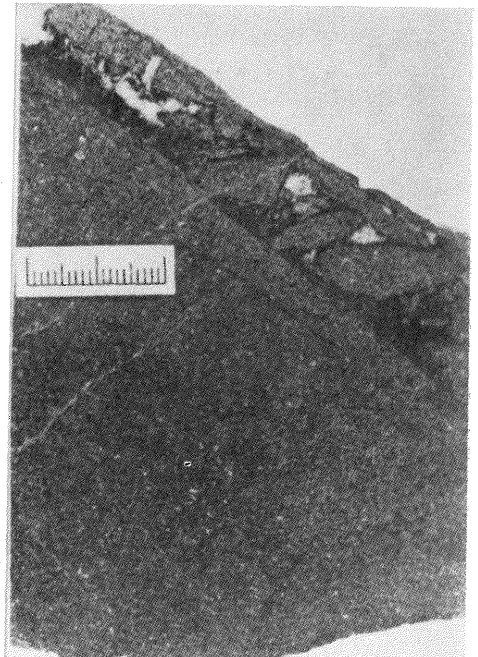


Fig. 12

Henryk JURKIEWICZ, Ludwik LENARTOWICZ — Przejawy mineralizacji w karbonie dolnym i permie na przykładzie profilu Studzianna

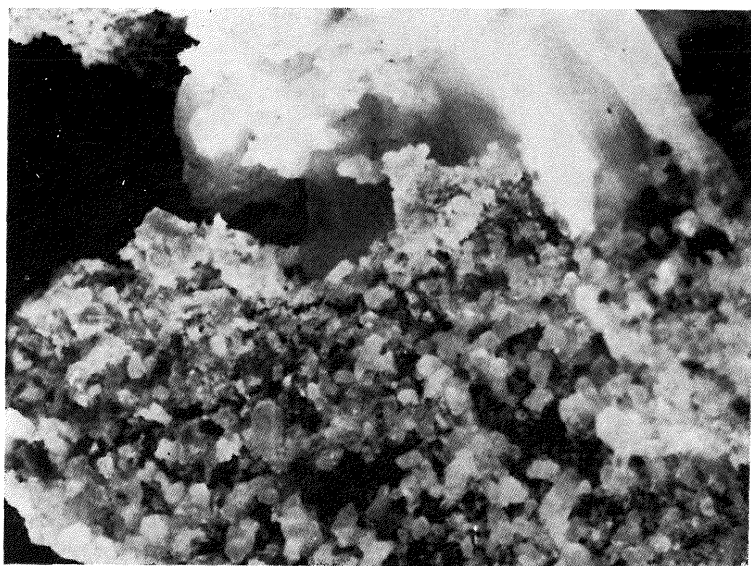


Fig. 13

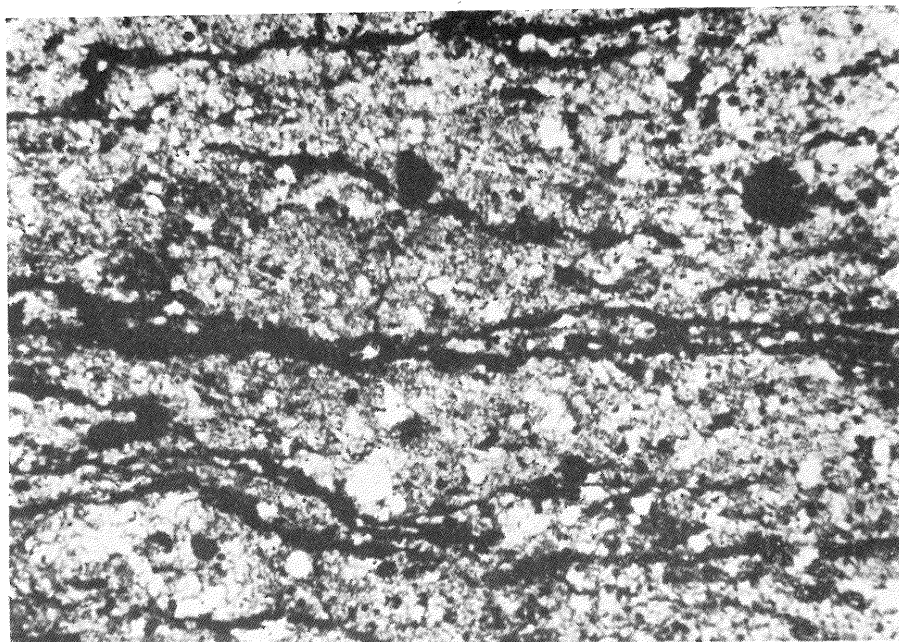


Fig. 14

Henryk JURKIEWICZ, Ludwik LENARTOWICZ — Przejawy mineralizacji w karbonie dolnym i permie na przykładzie profilu Studzianna

TABLICA III

Fig. 13. Kryształki kwarcu po wytrawieniu kalcytu 10% HCl. Karbon dolny; otwór Studzianna IG—2; głęb. 4005,1 m; pow. 4 ×

Quartz crystals after treatment of calcite with 10 per cent solution of HCl. Lower Carboniferous; borehole Studzianna IG—2; depth 4005.1 m; × 4

Fig. 14. Wapienie z laminami substancji bitumicznej i skupieniami siarczków. Otwór Studzianna IG—2; głęb. ok. 3888,7 m; pow 60 ×

Limestones with laminae of bituminous substance and concentrations of sulphides. Borehole Studzianna IG—2; depth about 3888.7 m; × 60