

## Kilka uwag o piaskowcach fliszu podhalańskiego

### WSTĘP

Celem artykułu jest charakterystyka piaskowców fliszu podhalańskiego z obszaru leżącego między Pasem Skałkowym na północy, Białym Dunajcem na wschodzie, Tatrami na południu i granicą państwa na zachodzie. Sprofilowano 35 odsłoneń (fig. 1). Z jedenastu pobrano próbki do badań laboratoryjnych, mających na celu oznaczenie składu mineralnego, zawartości CaO i MgO oraz niektórych własności fizycznych.

Literatura geologiczna dotycząca fliszu podhalańskiego jest bardzo obszerna. Wyczerpujący jej przegląd do 1958 r. znajdujemy w pracy J. Gołąba (1959) poświęconej stosunkom geologicznym fliszu zachodniego Podhala. W latach późniejszych stratygrafią tego obszaru zajmowali się: F. Bieda (1959), B. Halicki (1959) i K. Grzybek (1960), a tektoniką — K. Birkenmajer (1959a) i B. Halicki (1963). Zagadnienia sedimentologiczne opracowywał przede wszystkim A. Radomski (1958, 1959). O paleogeografii fliszu podhalańskiego pisali E. Passendorfer (1959, 1963), A. Radomski i R. Marszałko (1960) oraz Z. Kotański (1963). Tufity we fliszu podhalańskim były tematem prac A. Michalika i T. Wiesera (1959) oraz B. Halickiego (1961).

Wydzielenia stratygraficzne stosowane w niniejszej pracy oparto na podziale J. Gołąba (1949, 1959), który wyróżnia trzy główne ogniwa stratygraficzne fliszu podhalańskiego: serię zakopiańską, chochołowską i ostryską.

Badaniami zostały objęte piaskowce z poszczególnych ogniw stratygraficznych, przy równoczesnym uwzględnieniu głównych typów warstwowań wydzielonych dla fliszu podhalańskiego przez A. Radomskiego (1958). Autor ten podaje dokładną charakterystykę sedimentologiczną fliszu podhalańskiego na całym polskim obszarze jego występowania, traktując go jako całość, bez uwzględniania ustalonej przez J. Gołąba (1949, 1959) stratygrafii.

Na podstawie przeprowadzonych badań autorzy niniejszego artykułu starali się ustalić częstotliwość występowania typów warstwowań oraz różnice w wykształceniu litologicznym piaskowców poszczególnych ogniw stratygraficznych.

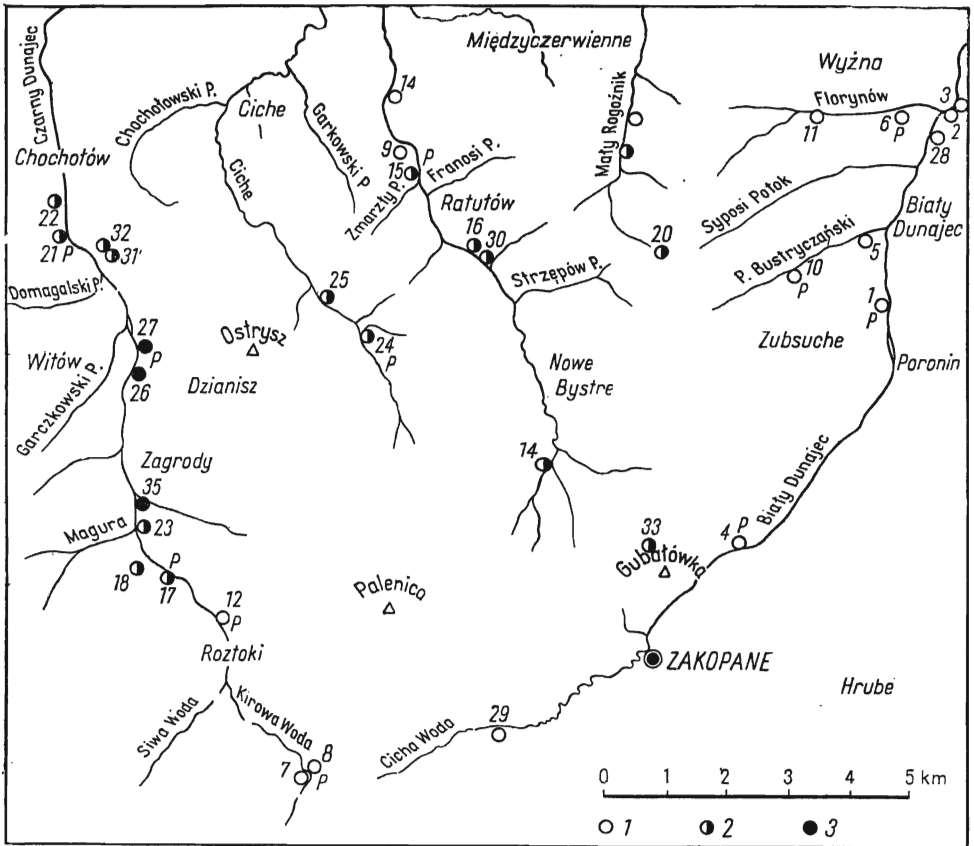


Fig. 1. Mapa rozmieszczenia sprofilowanych odsłoneń fliszu podhalańskiego na zachód od Białego Dunajca

Distribution map of the examined exposures of the Podhale flysch, west of the Biały Dunajec River

1 — odsłoneńca serii zakopiańskiej, 2 — odsłoneńca serii chochołowskiej, 3 — odsłoneńca serii ostryskiej, P — punkty pobrania próbek

1 — exposures of the Zakopane series, 2 — exposures of the Chochołów series, 3 — exposures of the Ostrysz series, 4 — points of sampling

Praca została wykonana z inicjatywy prof. dra M. Kamińskiego, któremu za cenne wskazówki pragniemy złożyć podziękowanie. Za udzieloną pomoc dziękujemy również drowi Cz. Peszатовi.

### SERIA ZAKOPIAŃSKA

Według podziału J. Gołąba (1949, 1959) seria zakopiańska stanowi najstarsze ogniwo stratygraficzne fliszu podhalańskiego. Podścielającą serię zakopiańską eocen numulitowy w stropowych partiach przechodzi w łupki ciemnoszare, częściowo oliwkowe i łupki typu menilitowego z piaskowcami spągowymi. Nad nimi leżą dolne łupki zakopiańskie z dolomitami, przedzielone piaskowcami z Koziańca (S. Kreutz, 1928). Nastę-

pnie przechodzą one w piaszczyste łupki, często o oddzielności muszlowej, z cienkimi piaskowcami o przekątnej laminacji. Ponad nimi J. Gołąb (1959) wydziela górne łupki zakopiańskie, rozdzielone cienkoławicowymi piaskowcami o delikatnym warstwowaniu. W stropie serii zakopiańskiej występują średnioławicowe piaskowce przekładane łupkami. Na północy, przy Pasię Skalkowym, ta część serii (warstwy maruszyńskie) jest bardziej zlepionowata, z dużą ilością struktur spływowych, zwłaszcza w niższych partiach. Wyżej występują coraz liczniej grube ławice i w ten sposób następuje przejście do serii chochołowskiej.

Opierając się na typach warstwowań wydzielono za A. Radomskim (1958) piaskowce: frakcjonalnie warstwowane, równoległe laminowane i laminowane przekątnie. Nie uwzględniono warstwowań złożonych, których procentowy udział jest niewielki, a częstotliwość występowania w poszczególnych seriach fliszu podhalańskiego zbliżona.

Tabela 1

Zestawienie częstotliwości występowania typów warstwowań piaskowców w zależności od przedziału miąższości dla serii zakopiańskiej i chochołowskiej

Miąższość ławic w cm	Seria zakopiańska			Seria chochołowska			
	Procent ilości ławic			Procent ilości ławic			
	Ta	Tb	Tc	Ta	Tb	Tc	Td
poniżej 4	—	7,4	20,6	—	6,2	10,3	—
4—6	—	7,9	14,5	0,3	12,7	7,5	—
6—10	0,3	7,7	4,8	1,8	15,9	2,7	—
10—15	1,3	10,3	0,8	2,7	6,5	0,6	—
15—20	0,8	4,5	—	2,5	5,0	0,6	—
20—30	3,5	6,7	—	2,2	3,4	—	—
30—50	2,6	2,6	—	5,8	2,2	—	0,9
50—70	1,8	0,3	—	3,8	0,3	—	1,2
70—100	0,8	—	—	1,2	0,3	—	0,6
powyżej 100	0,8	—	—	2,5	0,3	—	—
Razem	11,9	47,4	40,7	22,8	52,8	21,7	2,7

Objaśnienia: Ta — piaskowce frakcjonalnie warstwowane, Tb — piaskowce równoległe laminowane, Tc — piaskowce przekątnie laminowane, Td — piaskowce o teksturze bezładnej

W tabeli 1 przedstawiono częstość występowania poszczególnych typów warstwowań w procentach, przyjmując za 100% 378 pomierzonych ławic piaskowców serii zakopiańskiej. Najczęściej występują ławice piaskowców laminowanych równoległe (47,4%). Jeśli sumę miąższości wszystkich opisanych ławic przyjąć za 100%, również w tym przypadku przeważają piaskowce równoległe laminowane (52%). Największa ilość ławic tego typu grupuje się w przedziale miąższości 10÷15 cm. Spąg ławic wyraźnie odcina się od niżej leżących łupków, chociaż w niektórych cienkich ławicach można obserwować przejście między łupkiem i piaskowcem. W ławicy obserwuje się naprzemianległe ciemne i jasne laminy. Jasne charakteryzują się większą grubością — w granicach od jednego do kilku milimetrów, w krańcowych przypadkach przechodzą w warstewki o miąższości kilkucentymetrowej. Ku stropowi w wielu

przypadkach grubość lamin maleje. W przeciwieństwie do jasnych grubość ciemnych lamin jest mała i waha się w granicach od dziesiętnych mm do 2 mm. Ciemna ich barwa związana jest z nagromadzeniem detrytusu roślinnego. Niekiedy nagromadzenie to jest tak duże, że tworzy ciekłą warstewkę węgla. A. Radomski (1958) zwraca uwagę na nagromadzenie substancji ilastej, która podkreśla laminację, oraz na wzrost jej zawartości ku stropowi ławicy, tłumacząc tym ciągłość przejścia do łupku. Obserwacje mikroskopowe wykazały, że wielkość ziarna w laminach jasnych i ciemnych jest jednakowa, co zgodne jest ze stwierdzeniem A. Radomskiego (1958).

Piaskowce o przekątnej laminacji zajmują drugie miejsce w częstości występowania w serii zakopiańskiej (tab. 1). Stanowią one 40,7% ilości ławic piaskowców, ale reprezentują tylko 11% sumy ich miąższości. Piaskowce o przekątnej laminacji charakteryzują się niewielką miąższością ławic, która najczęściej nie przekracza 4 cm, a w żadnym przypadku 15 cm. Miąższość poszczególnych ławic piaskowców tego typu mierzona po biegu jest bardzo zmienna, co szczególnie uwydatnia się w najcieńszych ławicach, wyklinowujących się lub też przechodzących po rozciągłości w łupek zapiaszczony, a dalej ilasty.

Znacznie rzadziej w serii zakopiańskiej spotyka się piaskowce frakcjonalnie warstwowane. Stanowią one 11,9% ogólnej ilości opisywanych ławic. Choć ławice frakcjonalnie warstwowane pojawiają się najrzadziej, to jednak biorąc pod uwagę ich sumaryczną miąższość (37%), wysuwają się one na drugie miejsce po piaskowcach laminowanych równolegle. Ławice tego typu występują najczęściej w przedziałach miąższości 20÷30 cm i 30÷50 cm.

Wśród piaskowców frakcjonalnie warstwowanych serii zakopiańskiej wyróżnić można piaskowce o bardzo małym rozsiewie ziarna, widocznym dopiero przy obserwacjach mikroskopowych, oraz piaskowce o wyraźnie zróżnicowanej wielkości ziarn, których średnica w części przyspagowej ławic dochodzi do 2 mm. Pierwsze z wymienionych zostały stwierdzone we wszystkich badanych odsłonięciach serii zakopiańskiej. Ich średnia miąższość w poszczególnych odsłonięciach waha się w granicach 20÷50 cm.

Piaskowce frakcjonalnie warstwowane o dużym rozsiewie ziarna występują w niewielkiej ilości odsłonieć i znane są jako piaskowce z Kozinca (S. Kreutz, 1928). Dobrze odsłaniają się one w brzegu potoku Kirowa Woda, w odległości około 400 m poniżej mostu w Kościelisku-Kirach (fig. 1, odsł. nr 7). Widoczne są tu gruboławicowe piaskowce frakcjonalnie warstwowane, o średniej miąższości ławic 85 cm, o barwie niebieskoszarej, przy wietrzeniu jasnożółtej. Na powierzchniach spagowych występują duże hieroglify mechaniczne. W spagowej części ławic widoczne są grubsze ziarna, których ilość maleje w miarę posuwania się ku stropowi. W stropie ławic pojawia się niekiedy silnie zaburzona laminacja, tworząca skorupowatą powierzchnię. Z omawianym typem piaskowca związane są sporadycznie występujące toceńce łupków, ułożone dłuższymi osiami równolegle do spągu ławic.

W profilach serii zakopiańskiej obserwowano niekiedy ławice dolomitowe, jak np. w odsłonięciach nr 8 i 28, na występowanie których zwrócił już uwagę J. Gołąb (1959), K. Grzybek (1960) i W. Kosiorek-Jaczy-

Zestawienie składu mineralnego oraz zawartości CaCO<sub>3</sub> i CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> w piaskowcach serii zakopiańskiej

Typ warstwowania			Okruchy skał obcych																CaCO <sub>3</sub>		CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
Odsłonięcie nr	Miaższość ławicy w cm	Położenie próbki w ławicy	Kwarc	Skalenie	Okruchy granitu	Okruchy skał wylewnych	Okruchy skał krzemionkowych	Okruchy skał węglanowych	Okruchy skał metamorficznych	Suma okruchów	Biotyt	Muskowit	Minerały akcesoryczne	Glaukonit	Piryt	Detrytus roślinny	Spoivo	CaCO <sub>3</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>			
Frakcjonalnie warstwowane			Procenty objętościowe																% wag.			
			1	39	G S D	41,6	4,5	—	—	1,2	3,2	9,2	13,6	0,2	0,8	—	—	0,9	0,3	38,1	3,48 13,49 16,81	8,90 5,56 9,00
			33	G D	44,9 45,3	6,3 8,3	—	0,4 0,8	2,2 1,9	3,8 6,8	6,3 9,0	12,7 18,5	0,3 —	1,3 1,7	0,1 0,6	— 0,1	0,7 1,0	0,3 1,1	33,4 23,4	7,85 9,29	11,61 9,86	
			24	S	35,0	4,2	—	—	3,0	2,6	7,9	13,5	0,4	1,9	0,1	—	0,6	0,3	44,0	23,09	7,86	
			6	68	G D	54,1 52,4	4,4 5,6	—	0,1 0,1	1,5 2,5	2,3 1,8	6,7 10,5	10,6 14,9	0,5 0,1	0,8 2,2	0,1 0,1	— —	0,5 0,4	1,0 —	28,0 24,3	10,62	7,36
			7	95	G D	47,0 36,1	6,4 8,0	—	0,2 1,5	3,7 7,4	0,7 3,8	9,8 16,4	14,4 29,1	1,2 0,2	1,9 2,4	— 0,1	0,2 —	0,4 0,9	— 1,0	28,5 22,2	2,26 3,28	13,82 7,85
			10	24	G S D															11,96 12,39 15,03	9,25 7,58 7,07	
			średnio																10,79	8,81		
Równoległe laminowane			10	24	G D															21,10 19,39	6,32 5,94	
			średnio																20,25	6,13		
Przekłanie laminowane			1	7	S	28,7	4,4	—	0,2	0,8	3,1	4,6	8,7	—	0,7	0,2	0,2	0,9	1,0	55,2	27,92	6,79
Średnio dla wszystkich badanych piaskowców						42,2	5,5	—	0,3	2,5	2,9	8,3	14,2	0,3	1,4	0,1	0,03	0,6	0,5	35,0	13,20	8,32

Objaśnienia: D — spąg ławicy, S — środek ławicy, G — strop ławicy

Zestawienie składu mineralnego oraz zawartości CaCO<sub>3</sub> i CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> w piaskowcach serii chochołowskiej

Typ warstwowania	Odstąpienie nr	Miaższość ławicy w cm	Położenie próbek w ławicy	Kwarc	Skalenie	Okruchy skał obcych						Biotyt	Muskowit	Minerały akcesoryczne	Glaukonit	Piryt	Detrytus roślinny	Spoivo	CaCO <sub>3</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
						Okruchy granitu	Okruchy skał wylewnych	Okruchy skał krzemionkowych	Okruchy skał węglanowych	Okruchy skał metamorficznych	Suma okruchów										
Fracjonalnie warstwowane	15	120	G	52,7	6,3	2,8	0,3	1,8	—	11,9	16,8	—	2,1	—	0,2	0,7	1,2	20,0	11,85	9,87	
			S	34,6	6,1	—	0,2	2,0	3,6	11,9	17,7	—	1,1	—	—	0,2	17,2	23,1	12,39	7,58	
			D	47,2	6,6	3,2	—	0,1	8,4	10,9	22,6	0,1	1,0	0,2	0,2	0,3	—	21,8	11,32	12,17	
		9	G	55,5	4,9	1,2	—	2,6	1,9	5,5	11,2	—	1,5	0,1	0,2	0,8	0,6	25,2			
			D	44,8	9,0	1,2	—	1,4	7,3	7,1	17,0	—	1,4	0,2	0,3	1,0	0,7	25,6	9,01	6,77	
		17	90	G	48,5	8,7	1,8	—	2,1	3,2	8,8	15,9	0,6	0,7	0,4	—	0,8	0,9	23,5	3,09	6,46
	S																		6,49	5,42	
	D			51,3	6,9	0,9	0,3	1,8	2,0	9,0	14,0	0,3	2,2	0,1	0,2	0,9	0,5	23,6	9,25	3,81	
	21	30	S	44,0	6,3	1,4	0,2	2,2	2,1	9,4	15,3	0,1	1,5	—	—	0,1	—	32,7	13,96	3,94	
	średnio																		9,67	7,00	
	O teksturze bezładnej	21	40	G	44,8	6,1	3,8	—	0,7	6,8	6,4	17,7	1,1	1,0	0,3	—	0,1	—	28,9	11,08	6,53
				S																9,85	9,40
D				51,0	5,9	0,7	0,1	4,3	3,8	6,1	15,0	0,2	1,6	0,2	—	1,0	1,2	23,9	2,79	11,37	
średnio																		7,91	9,10		
Równoległe laminowane	17	6	S	34,0	5,2	—	—	1,3	0,7	7,6	9,6	0,1	1,2	—	0,8	0,4	—	48,7	20,15	7,19	
		40	S	42,4	6,4	0,9	0,1	1,9	1,3	11,3	15,5	0,1	1,1	0,1	0,4	0,6	0,4	33,0	9,26	3,56	
	21	5	S	44,2	5,7	1,9	0,3	1,5	3,8	9,0	16,5	—	1,9	0,3	—	0,5	0,4	30,5	15,92	4,28	
	średnio																		15,11	5,01	
Przekątnie laminowane	17	2,5	S	32,3	7,5	0,3	—	1,1	2,0	8,2	11,6	0,2	2,3	0,2	0,2	0,3	0,4	45,0	16,17	4,35	
Średnio dla wszystkich badanych piaskowców				44,8	6,5	1,4	0,1	1,8	3,3	8,8	15,4	0,2	1,5	0,1	0,2	0,5	1,7	28,9	10,84	6,85	

Objaśnienia: D – spąg ławicy, S – środek ławicy, G – strop ławicy

nowska (1959). Dolomityczność serii zakopiańskiej skłoniła autorów do wykonania oznaczeń zawartości MgO w wydzielonych typach piaskowców.

Dla warstw zakopiańskich metodą miareczkową oznaczono zawartości CaO, MgO dla 16 próbek, a wyniki przeliczono na  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Badania te wykazały zależność między zawartością  $\text{CaCO}_3$  i typem piaskowca. Największą zawartość  $\text{CaCO}_3$  mają piaskowce przekątnie laminowane (27,92%), najniższą — piaskowce frakcjonalnie warstwowane (średnio 10,79%).

Inaczej przedstawia się zależność (tab. 2) między typem piaskowca i zawartością  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Największą średnią zawartość  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (8,81%) mają piaskowce frakcjonalnie warstwowane. W pozostałych typach zawartość  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  jest niższa i zbliżona do siebie.

Pierwsze opisy mikroskopowe piaskowców fliszu podhalańskiego znajdujemy w pracy J. Morozewicza (1890), który w ich składzie wyróżnia: kwarc, w małej ilości muskowit, biotyt i glaukonit. Wymienione minerały spojone są węglanem wapnia.

S. Kreutz (1927) w przekroju od Czarnego Dunajca, poprzez Stare Bystre, do Zakopanego, stwierdza w piaskowcach fliszu podhalańskiego występowanie skałeni alkalicznych, plagioklazów kwaśnych, zbliżonych do albitu, podkreślając brak typowego dla Tatr oligoklazu zawierającego zwykle około 28% An.

Jakościowy i ilościowy skład mineralny został ustalony na podstawie badań 11 szlifów mikroskopowych (tab. 2). Podstawowym składnikiem wszystkich badanych próbek jest kwarc, którego procentowa zawartość jest najwyższa w próbkach z piaskowców frakcjonalnie warstwowanych. W piaskowcach tych nie obserwowano prawidłowości między zawartością kwarcu a odległością badanej próbki od spągu ławicy. Ziarna kwarcu są ostrokrawędziste, źle obtoczone, tylko bardzo niewielka ilość dużych ziarn wykazuje średnie lub dobre obtoczenie. Małe ziarna o wielkości od 0,01 do 0,1 mm mają kształt zbliżony do izometrycznego, natomiast większe, których wielkość dochodzi do 0,8 mm, są często wydłużone. Rodzaj znikania światła wiąże się z wielkością ziarna; w mniejszych widoczne jest tylko proste, w większych natomiast występuje prócz prostego także faliste i mozaikowe znikanie światła. W wielu przypadkach można zaobserwować proces korozji kwarcu przez rekrystalizujące spoiwo węglanowe. W skrajnych przypadkach prawie całe ziarna są resorbowane i tworzą formy szkieletowe. Stwierdzono tutaj również obecność tzw. wcisków. Polegają one na tym, że jedne ziarna kwarcu wtłoczone są w drugie. Zjawisku temu towarzyszyło niewątpliwie rozpuszczanie krzemionki, która następnie przechodziła do spoiwa.

Zawartość skałeni w piaskowcach zakopiańskich waha się w granicach 4,1 ÷ 8,3% i wynosi średnio 5,5%. Wyróżniono wśród nich skałenie potasowe (ortoklaz i mikroklin) i plagioklasy. Wielkość ziarn skałeni jest tego samego rzędu co ziarn kwarcu. Stopień zwietrzenia skałeni jest dość znaczny, przy czym w wielu przypadkach większe nasilenie tego procesu obserwuje się w plagioklazach. Niektóre ich ziarna przetkane są gęsto minerałami wtórnymi (serycyt, kaolinit), które zacierają charakterystyczne zbliżniaczenia.

W badanych piaskowcach serii zakopiańskiej okruchy skał obcych występują w ilości średnio 14,2%, przy wahaniach 8,7 ÷ 29,1%. Największą ich zawartość obserwowano w piaskowcach warstwowanych frakcjonalnie, szczególnie zaś w partiach spągowych ławic, gdzie równocześnie zaznacza się najgrubsze ziarno. Bez względu na typ warstwowania największy udział mają okruchy skał metamorficznych. Reprezentowane są one głównie przez różnego rodzaju łupki metamorficzne: serycytowo-kwarcowe, kwarcowo-grafitowe, łyszczykowe i kwarcowe. Ponadto występują tu, chociaż znacznie rzadziej, okruchy gnejsów i kwarcytów. Poza wymienionymi wyróżnić można okruchy skał węglanowych, krzemionkowych i wylewnych. Okruchy wapieni wykazują struktury drobno- i bardzo drobnokrystaliczne oraz afanokrystaliczne (R. L. Folk, 1959). Okruchy o wymienionych strukturach występują na ogół w jednokowej ilości, chociaż w niektórych próbkach przewagę ma jedna odmiana. Okruchy o strukturach drobno- i bardzo drobnokrystalicznych posiadają często zatarte i niewyraźne krawędzie, co związane jest z procesem rekryształizacji spoiwa, dlatego też trudno mówić o stopniu ich obtoczenia. Okruchy wapieni o strukturze afanokrystalicznej są dobrze obtoczone i wyraźnie oddzielają się od spoiwa. Wśród okruchów skał węglanowych występują też dolomity. Okruchy dolomitów mają strukturę drobno- i bardzo drobnokrystaliczną, często spotyka się w nich ziarna wykształcone w postaci romboedrów. Okruchy skał krzemionkowych, prawdopodobnie rogowców lub litytów, przypominają analogiczne skały występujące wśród materiału egzotykowego, opisywanego z warstw chochołowskich przez A. Radomskiego (1958). Obok nich występują także okruchy skał wylewnych o strukturze mikrolitowej z prakryształami kwarcu.

Z innych składników należy wymienić jeszcze łyszczyki. Muskożyt stwierdzono we wszystkich próbkach, natomiast biotyt pojawia się sporadycznie. Łyszczyki przybierają formy drobnych łuseczek, które niekiedy w charakterystyczny sposób podkreślają teksturę piaskowców. Biotyt jest zarówno świeży, jak i silnie zwiertzały, o słabym pleochroizmie.

W minimalnych ilościach występuje glaukonit, który tworzy kuliste lub nieregularne skupienia, wykazujące barwę trawiasto-zieloną, a polaryzację agregatową. Podobnie bez większego znaczenia są minerały akcesoryczne i detrytus roślinny, który nagromadzony jest głównie w czarnych laminach. Piryt występuje w formie owalnych lub nieregularnych skupień. W jednym ze szlifów natrafiono na szczątki otwornic wapiennych, w komorach których nagromadzony jest piryt.

Opisane wyżej składniki tkwią w spoiwie, którego średnia zawartość wynosi 35,0%, przy wahaniach 22,2 ÷ 55,2%. W przypadku piaskowców frakcjonalnie warstwowanych istnieje zależność między zawartością spoiwa i położeniem próbki w ławicy. Ilość spoiwa konsekwentnie wzrasta ku stropowi ławic (tab. 2). Obserwuje się również zależność pomiędzy zawartością spoiwa i typem warstwowania piaskowców. Piaskowce laminowane równoległe i przekątnie zawierają więcej spoiwa niż frakcjonalnie warstwowane. Opisane wyżej zależności wiążą się zapewne z wielkością ziarna: im ono jest drobniejsze, tym spoiwo jest bogatsze.



Piaskowce serii zakopiańskiej posiadają przeważnie spoiwo porowo-kontaktowe, niekiedy zaś podstawowe. W składzie spoiwa obserwuje się głównie węglan wapnia, rzadziej krzemionkę oraz substancję łąstą. Węglan wapnia ze spoiwa wypełnia pory między składnikami okruchowymi. Występuje on przeważnie w postaci monokryształów o wielkości 0,1 ÷ 0,2 mm, rzadziej zaś ziarnistych agregatów. Ziarna monokryształów są na ogół czyste. W przypadku agregatów ziarna kalcytu są drobniejsze, zwykle poniżej 0,01 mm, a często 0,005 mm. Z reguły są one dosyć silnie przetkane wrostkami.

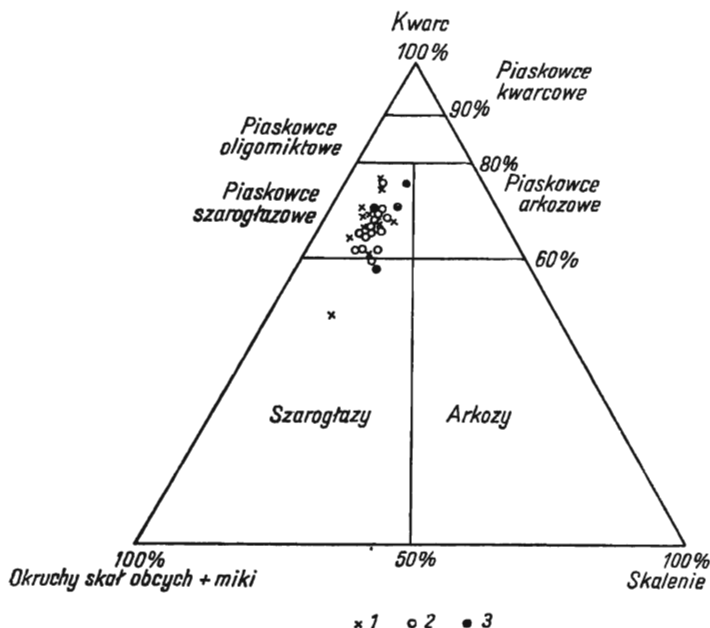


Fig. 2. Projekcja piaskowców fliszu podhalańskiego na zmodyfikowanym w Katedrze Ziół Surowców Skalnych AGH trójkącie projekcyjnym M. Turnau-Morawskiej

Projection of the Podhale flysch sandstones in the Turnau-Morawska's projection triangle modified in the Department of Non-Metallic Mineral Deposits, school of Mining and Metallurgy in Cracow

1 — piaskowce serii zakopiańskiej, 2 — piaskowce serii chochołowskiej, 3 — piaskowce serii ostrzyckiej

1 — sandstones of the Zakopane series, 2 — sandstones of the Chochołów series, 3 — sandstones of the Ostrzyż series

Krzemionka spoiwa rozwinięta jest tutaj zarówno w formie kwarcu, jak i agregatów kwarcowo-chalcedonowych. W piaskowcach z Koziańca spoiwo krzemionkowe rozwinięte jest na większą skalę.

Obecność spoiwa krzemionkowego wpływa zasadniczo na zachowanie się piaskowców serii zakopiańskiej w kwasie solnym. Żadna z badanych próbek trawiona w kwasie solnym nie rozpadła się.

Nanosząc na nieco zmodyfikowaną w Katedrze Złóż Surowców Skalnych AG-H projekcję trójkątną M. Turnau-Morawskiej (1957) zawartość kwarcu, skaleni i okruchów skał obcych łącznie z młkami, przeliczoną na 100%, stwierdzono, że piaskowce zakopiańskie w większości należą do piaskowców szarogłazowych. Tylko jedna próbka reprezentująca piaskowiec z Koziańca zajmuje pole szarogłazów (fig. 2).

### SERIA CHOCHOŁOWSKA

Spąg serii chochołowskiej tworzą piaskowce podstawowe ze zlepieńcami. J. Gołąb (1959) wydzieliła nad nimi kolejno: dolny poziom łupkowy, górny poziom łupkowy ze zlepieńcami, dolny poziom łupkowo-piaskowcowy, poziom iłów piaszczystych z pseudoegzotykami, górny poziom łupkowo-piaskowcowy, łupki z gruboławicowymi piaskowcami, górny poziom łupkowy.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można stwierdzić, że w serii chochołowskiej wyróżniają się pakiety piaskowcowo-łupkowe z przewagą piaskowców i łupkowo-piaskowcowe z przewagą łupków. W pierwszych występują piaskowce gruboławicowe, przeważnie frakcjonalnie warstwowane lub o teksturze bezładnej. Przedzielają je cienkie wkłady łupków ilasto-wapnistych, niekiedy silnie piaszczystych. W pakietach łupkowych występują cienkoławicowe piaskowce, zwykle laminowane równoległe lub przekątnie. W zestawieniu częstości występowania typów warstwowań piaskowców chochołowskich (tab. 1) wzięto pod uwagę zarówno odsłonięcia reprezentujące pakiety łupkowo-piaskowcowe, jak i piaskowcowo-łupkowe.

Najczęściej w serii chochołowskiej występują ławice piaskowców równoległe laminowanych. Stanowią one 52,8% wszystkich (322) badanych ławic piaskowców tej serii. Piaskowce laminowane przekątnie stanowią 21,7%, warstwowane frakcjonalnie 22,8%, o teksturze bezładnej 2,7% (tab. 1).

Wykres częstości występowania typów warstwowań piaskowców serii chochołowskiej dla zachodniej części Podhala podaje A. Radomski (1958). Autor ten opiera swe zestawienie na obserwacjach wykonanych w profilu Czarnego Dunajca, uwzględnia on również szereg warstwowań złożonych. Nasze badania objęły odsłonięcia poza doliną Czarnego Dunajca (fig. 1). Ponadto nie uwzględniono w nich warstwowań złożonych, ponieważ występują one w niewielkiej ilości, a częstość ich występowania, jak to już wspomniano na wstępie, jest podobna we wszystkich seriach fliszu podhalańskiego.

Przyjąwszy za 100% sumę miąższości mierzonych ławic stwierdzono, że największy miąższościowo udział mają piaskowce frakcjonalnie warstwowane (54%), natomiast równoległe laminowane stanowią 33%. Bardzo mały udział w ogólnej miąższości piaskowców chochołowskich mają piaskowce warstwowane laminami przekątnymi (4%).

Podobnie jak wśród piaskowców serii zakopiańskiej, biorąc pod uwagę rozsiew ziarna w ławicy, można wśród piaskowców frakcjonalnie warstwowanych wyróżnić dwie grupy: o wyraźnej gradacji ziarna, która w spągu ławicy osiąga często wielkość około 1,0 mm, a w stropie zmniejsz-

sza się do 0,05 mm, oraz o bardzo małym rozsiewie ziarna. Piaskowce pierwszej grupy występują w grubych ławicach, ale częstość ich występowania jest mniejsza. Piaskowce frakcjonalnie warstwowane o małym rozsiewie ziarna występują w cieńszych ławicach, a częstość ich występowania jest większa.

Najpospolitszym typem warstwowania wśród piaskowców o dużym rozsiewie ziarna jest, zgodnie z nomenklaturą M. Książkiewicza (1954), warstwowanie frakcjonalne przerywane. Znacznie rzadziej spotyka się warstwowanie frakcjonalne, jednokrotne, stopniowe, o dobrym rozdzielaniu. A. Radomski (1958) podając warstwowanie frakcjonalne pensyometryczne stwierdza, że typy warstwowań piaskowców frakcjonalnie warstwowanych występują w całym fliszu podhalańskim z taką samą częstotliwością.

Z serią chochołowską związany jest typ określony przez nas jako piaskowiec o teksturze bezładnej. Piaskowce tego typu wraz z piaskowcami frakcjonalnie warstwowanymi występują w dnie rzeki Czarny Dunajec, w odległości 400 m powyżej mostu łączącego Chochołów z przejściem granicznym do Czechosłowacji (odsłonięcie nr 21). Ławice piaskowców o teksturze bezładnej osiągają miąższość około 50 cm. Mają one nieco ciemniejszą barwę. Przedzielane są zwykle 20 cm pakietami łupków marglistych. Charakteryzują się tym, że w drobnoziarnistej masie całej ławicy bezładnie rozmieszczone są grube ziarna, których średnica dochodzi do 2 mm.

Wśród piaskowców wyżej opisanego typu w Chochołowie, w silnie zwietrziałych ławicach zaobserwowano „buły“ piaskowca bardzo związłego barwy jasnoniebieskiej. Materiał „buły“ jest silnie wapnisty (zawartość  $\text{CaCO}_3$  — 24,32%,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  — 5,71%), podczas gdy piaskowiec otaczający jest zupełnie bezwapnisty. Ławice piaskowców równolegle laminowanych najczęściej występują w przedziałach miąższości 4 ÷ 6 cm i 6 ÷ 10 cm. Przeważająca miąższość ławic przekątnie laminowanych nie przekracza 4 cm. Największa ilość ławic frakcjonalnie warstwowanych ma miąższość w granicach 30 ÷ 50 cm (tab. 1).

Piaskowce serii chochołowskiej w porównaniu z zakopiańską są na ogół mniej związane. Spowodowane jest to nieco mniejszą zawartością węglanów w spoiwie, przy równoczesnym wzroście zawartości substancji ilastej. W 15 próbkach oznaczono zawartość kalcytu i dolomitu. Podobnie jak wśród piaskowców warstw zakopiańskich tak i tutaj najniższą zawartość  $\text{CaCO}_3$  mają piaskowce frakcjonalnie warstwowane (średnio 9,67%). Piaskowce równolegle laminowane wykazują znacznie wyższą zawartość  $\text{CaCO}_3$  (15,11%), która jest jednak niższa od wykazanej dla analogicznego typu z piaskowców zakopiańskich. Próbką piaskowca przekątnie laminowanego zawierała 16,17%  $\text{CaCO}_3$ . Zawartość  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  we wszystkich typach piaskowców jest nieco niższa niż w odpowiednich typach piaskowców zakopiańskich (tab. 3).

W celu określenia składu mineralnego i stosunków ilościowych poszczególnych składników przeprowadzono badania mikroskopowe na 14 szlifach różnych typów piaskowców.

Kwarc swymi cechami optycznymi i wykształceniem nie odbiega od kwarcu z piaskowców zakopiańskich i występuje w ilości średnio 44,8%,

przy wahaniach 32,3 ÷ 55,5%, jedynie proces korozji poprzez rekrytalizujące spoiwo jest tutaj słabszy.

Skalenie o podobnym charakterze jak w piaskowcach zakopiańskich występują w nieco większej ilości (tab. 3). Zawartość ich waha się od 4,9 do 9,0% i wynosi średnio 6,5%.

Okruchy skał obcych w piaskowcach serii chochołowskiej wahają się w granicach od 9,6 do 22,6%, wynoszą średnio 15,4%, a więc zbliżają się do ilości wykazanej dla piaskowców zakopiańskich. Podobnie jak w piaskowcach z serii zakopiańskiej przeważają tutaj okruchy skał metamorficznych, reprezentowane przez łupki serycytowo-kwarcowe, grafitowo-kwarcowe, łuszczkowe i kwarcowe, rzadziej przez gnejsy i kwarcyty. Poza tym występują okruchy skał węglanowych, krzemionkowych i wylewnych, które swym wykształceniem zbliżone są do opisanych z piaskowców warstw zakopiańskich.

W piaskowcach chochołowskich, co należy podkreślić, pojawiają się okruchy granitów. Są one źle obtoczone, a wielkością przekraczają nieco wymiary ziarn kwarcu. Składają się z ziarn kwarcu, skaleni i muskowitu, wyjątkowo biotyту.

Okruchy skał węglanowych występujące w spągowej części ławic piaskowców frakcjonalnie warstwowanych osiągają wielkości od 0,5 do 1,5 mm i reprezentowane są zarówno przez wapienie, jak i dolomity. Okruchy dolomitów o wyraźnych krawędziach wykazują strukturę drobnokrystaliczną. Wśród okruchów wapieni można wydzielić dwie odmiany. Pierwsza — to okruchy przekrytalizowane w całości lub częściowo, wielkość ziarn kalcytu dochodzi tu do 0,2 mm. Drugą odmianę reprezentują okruchy wapienia o strukturze afanokrystalicznej i wielkości ziarna nie przekraczającej 0,004 mm. Są to okruchy ciemnego, marglistego wapienia.

Pozostałe składniki, jak biotyt, muskowitz, glaukonit, piryt i detrytus roślinny nie różnią się od opisanych z piaskowców serii zakopiańskiej.

Spoivo piaskowców chochołowskich (węglanowo-ilaste) posiada na ogół charakter kontaktowo-porowy, a czasem podstawowy. W niektórych próbkach pobranych z piaskowców frakcjonalnie warstwowanych i laminowanych przekątnie występuje niekiedy spoiwo krzemionkowe. Jego obecność powoduje, że próbki tych piaskowców nie rozpadają się w kwasie solnym. Najmniej spoiwa zawierają piaskowce frakcjonalnie warstwowane. Większą ilość spoiwa i zbliżoną do siebie mają piaskowce laminowane równolegle i przekątnie. Węglanowe spoiwo podobnie jak w piaskowcach zakopiańskich występuje zarówno w formie monokryształów, jak i ziarnistych agregatów.

Piaskowce chochołowskie zajmują na projekcji trójkątnej pole piaskowców szarogłazowych. Jedna próbka pochodząca z piaskowca przekątnie laminowanego przesuwana się na pole szarogłazów.

### SERIA OSTRYSKA

J. Gołąb (1959) w serii ostryskiej wydziela piaskowce podstawowe, łupki ostryskie i leżące w stropie dolne i górne gruboławicowe piaskowce. Seria ta związana jest z niewielkim obszarem w rejonie góry Ostrysz. Charakterystyczną cechą serii ostryskiej według J. Gołąba jest

Tabela 4

Zestawienie składu mineralnego oraz zawartości  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  w piaskowcach serii ostrzyckiej

Typ warstwowania	Odstąpienie nr	Miaższość ławicy w cm	Położenie próby w ławicy	Kwarc	Skalenie	Okruchy skał obcych						Biotyt	Muskowit	Minerały akcesoryczne	Glaukonit	Piryt	Detrytus roślinny	Spoiwo	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
						Okruchy granitu	Okruchy skał wylewnych	Okruchy skał krzemionkowych	Okruchy skał węglanowych	Okruchy skał metamorficznych	Suma okruchów									
Frakcjonalnie warstwowane	27	33	G	Procenty objętościowe														% wag.		
				40,1	6,5	0,6	0,1	1,1	1,6	5,4	8,8	0,2	1,1	—	0,6	0,7	0,3	41,7	16,30	4,43
				43,6	5,5	—	—	2,1	3,8	7,3	13,2	—	0,1	0,1	—	0,4	1,0	36,1	19,19	7,24
				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,33
																	średnio	16,27	4,70	
Równoległe laminowane	27	24	S	29,6	6,8	0,5	0,3	1,0	6,9	5,2	13,9	—	0,5	0,1	0,1	0,1	—	48,9	16,39	3,93
Przekątnie laminowane	27	4	S	29,8	5,0	0,3	—	1,4	2,2	1,2	5,1	—	0,8	0,2	0,2	0,9	0,4	57,6	20,56	4,30
Średnio dla wszystkich badanych piaskowców				35,8	5,9	0,3	0,1	1,4	3,6	4,8	10,2	0,05	0,6	0,1	0,2	0,5	0,4	46,1	17,15	4,47

Objaśnienia: D — spąg ławicy, S — środek ławicy, G — strop ławicy

występowanie piaskowców gruboławicowych, niekiedy kilkumetrowej miąższości „typu krośnieńskiego“.

Piaskowcom ostryskim poświęcono najmniejszą ilość badań, podano jedynie ich ogólną charakterystykę, ze względu na mały obszar ich występowania i małą ilość odsłoneń.

Częstotliwość pojawiania się poszczególnych typów warstwowań w omawianej serii jest podobna do wykazanej dla piaskowców chochołowskich. Ławice równolegle laminowane stanowią 60,0% opisywanych ławic z tej serii, przekątnie laminowane 14,6%, a frakcjonalnie warstwowane 25,4%. Przyjmując sumy miąższości wszystkich ławic tej serii za 100%, wyraźnie zaznacza się przewaga piaskowców frakcjonalnie warstwowanych (74%), podczas gdy pozostałe typy zajmują miąższości znacznie mniejsze — równolegle laminowane 24%, przekątnie laminowane 2%.

Równolegle i przekątnie laminowane piaskowce serii ostryskiej nie odbiegają swym wykształceniem od opisanych piaskowców tych samych typów z warstw zakopiańskich i chochołowskich. Na uwagę zasługują gruboławicowe piaskowce frakcjonalnie warstwowane, które osiągają największe miąższości wśród dotychczas opisywanych. Obserwowano je w odsłonięciach nr 27 i 35 (fig. 1). W górnej części odsłonięcia nr 27 ławica piaskowca frakcjonalnie warstwowanego o miąższości 320 cm jest w partii spągowej drobnoziarnista i wykazuje laminację zaburzoną. Wyżej laminacja zanika i na wysokości 74 cm od spągu znów się pojawia. Wyższą część ławicy stanowi piaskowiec, w którym wielkość ziarna zmniejsza się ku stropowi od 1,0 do 0,1 mm. W dolnej części odsłonięcia występują łupki z cienkoławicowymi piaskowcami równolegle i przekątnie laminowanymi.

W odsłonięciu nr 35 występuje ławica piaskowca frakcjonalnie warstwowanego o widocznej miąższości 300 cm. W przypadku tej ławicy mamy do czynienia z warstwowaniem frakcjonalnym o stopniowym zmniejszaniu się ziarna ku jej stropowi.

Zawartość węglanów w piaskowcach serii ostryskiej oznaczono w 5 próbkach. Zawartość  $\text{CaCO}_3$  wynosi średnio 17,15%, przy nieznacznych wahaniach od 13,33 do 20,56%. Zawartość  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  w piaskowcach ostryskich jest najniższa spośród wszystkich piaskowców fliszu podhalańskiego badanego obszaru i waha się w granicach 2,43% do 7,24%, średnio wynosi 4,47%.

Badania mikroskopowe przeprowadzone na 4 szlifach wykazały, że piaskowce z serii ostryskiej są w zasadzie podobne do piaskowców chochołowskich. Niewielkie różnice polegają na nieco mniejszej zawartości okruchów skał obcych, które jednak w obu przypadkach wykazują identyczny charakter. Wśród nich stwierdzono, podobnie jak w piaskowcach chochołowskich, okruchy granitów.

Spoiwo występuje w większej ilości. Jest ono węglanowe z minimalną domieszką spoiwa krzemionkowego. Próbkki poddane trawieniu w kwasie solnym rozpadają się.

Na projekcji trójkątnej piaskowce ostryskie, z wyjątkiem jednej próbki, zajmują pole piaskowców szarogłazowych.

## WŁASNOŚCI FIZYCZNE PIASKOWCÓW FLISZU PODHALAŃSKIEGO

Ważną cechą litologiczną skał stanowi ciężar objętościowy i nasiąkliwość. Wymienione cechy oznaczono łącznie w odniesieniu do 50 próbek reprezentujących odmienne serie fliszu podhalańskiego (tab. 5) oraz typy warstwowań (tab. 6). Dla mniejszej liczby próbek oznaczono także ciężar właściwy i porowatość.

Tabela 5

Ciężar objętościowy, nasiąkliwość i zawartość sumy  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  w piaskowcach poszczególnych serii fliszu podhalańskiego

Serie	Ciężar objętościowy G/cm <sup>3</sup> (średnio, wahania)	Nasiąkliwość % wag. (średnio, wahania)	Suma $\text{CaCO}_3$ i $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ % wag. (średnio, wahania)
Zakopiańska	2,59 2,39—2,70	1,32 0,21—2,65	21,52 11,13—34,71
Chochołowska	2,56 2,41—2,67	1,74 0,41—3,40	17,69 9,55—27,34
Ostryska	2,56 2,47—2,68	1,27 0,40—2,69	21,62 15,76—26,43

Na własności fizyczne omawianych skał w znacznej mierze wpływa zawartość węglanów, tj. kalcytu i dolomitu, które głównie znajdują się w spoiwie, na co wskazuje niewielka zawartość okruchów węglanowych. W odpowiednich tabelach własności fizycznych (tab. 5, 6) uwzględniono więc także średnie zawartości i wahania sum wspomnianych składników.

Biorąc pod uwagę wyniki badań własności fizycznych zestawione dla poszczególnych serii, bez uwzględnienia wydzielonych typów piaskowców, można stwierdzić, że najwyższy średni ciężar objętościowy wynoszący 2,59 G/cm<sup>3</sup>, przy równoczesnych największych wahaniach od 2,39 do 2,70 G/cm<sup>3</sup>, posiadają piaskowce serii zakopiańskiej. Duże wahania zaznaczają się również w nasiąkliwości od 0,21% do 2,65% wag., jakkolwiek średnia jej wartość nie należy do najwyższych (tab. 5). Wykazane wahania ciężaru objętościowego i nasiąkliwości piaskowców serii zakopiańskiej niewątpliwie związane są ze znacznymi różnicami w zawartości sumy kalcytu i dolomitu, która waha się w granicach 11,13 ÷ ÷ 34,71%.

Nieco niższy ciężar objętościowy wykazały piaskowce serii chochołowskiej i ostryskiej, bo przy zbliżonych wahaniach osiągają identyczną średnią wartość 2,56 G/cm<sup>3</sup>.

Najwyższą średnią nasiąkliwość, przy największych wahaniach od 0,41 do 3,40% wag., wykazały piaskowce serii chochołowskiej, w których równocześnie zaznacza się najniższa zawartość węglanów (tab. 5). Piaskowce z serii ostryskiej wykazujące najniższą nasiąkliwość (średnio 1,27% wag.) posiadają najwyższą średnią zawartość węglanów (suma  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) wynoszącą 21,62%.

Z przedstawionych danych wynika, że własności fizyczne piaskowców reprezentujących poszczególne ogniwa fliszu podhalańskiego wykazują dość znaczne wahania, przy zbliżonych jednak wartościach średnich.

Tabela 6

**Ciężar objętościowy, nasiąkliwość i zawartość sumy  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  w piaskowcach o różnych typach warstwowań**

Typ warstwowania	Ciężar objętościowy G/cm <sup>3</sup> (średnio, wahania)	Nasiąkliwość % wag. (średnio, wahania)	Suma $\text{CaCO}_3$ i $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ % wag. (średnio, wahania)
Frakcjonalnie warstwowane o dużym rozsiewie ziarna	2,50 2,40—2,64	2,15 0,84—3,06	15,74 9,55—23,39
Frakcjonalnie warstwowane o małym rozsiewie ziarna	2,58 2,39—2,70	1,35 0,36—3,40	20,63 12,38—30,95
O teksturze bezładnej	2,60 2,56—2,67	1,79 1,48—2,24	17,01 14,06—19,25
Równolegle laminowane	2,59 2,47—2,70	1,30 0,29—2,69	22,24 12,82—27,42
Przekątnie laminowane	2,63 2,49—2,70	0,81 0,21—2,16	26,70 20,52—34,71

Różnice w ciężarze objętościowym i nasiąkliwości zaznaczają się wyraźniej w obrębie piaskowców wykazujących różne typy warstwowań, bez względu na ich przynależność stratygraficzną. Najniższy ciężar objętościowy, średnio 2,50 G/cm<sup>3</sup>, posiadają piaskowce frakcjonalnie warstwowane o dużym rozsiewie ziarna (tab. 6), co tłumaczyć należy najniższą zawartością sumy  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , wynoszącą średnio 15,74%. Nasiąkliwość w tym typie piaskowców jest najwyższa i wynosi średnio 2,15% wag. Piaskowce frakcjonalnie warstwowane o małym rozsiewie ziarna mają wyraźnie wyższy ciężar objętościowy od poprzednio opisanych (średnio 2,58 G/cm<sup>3</sup>) i mniejszą nasiąkliwość (średnio 1,35% wag.). Zawartość sumy kalcytu i dolomitu wynosi tutaj średnio 20,63%.

Piaskowce o teksturze bezładnej, mimo niewielkiej zawartości  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , wykazują wysoki średni ciężar objętościowy (2,60 G/cm<sup>3</sup>), a przy tym znaczną nasiąkliwość, osiągającą wartość średnią 1,79% wag. Dla piaskowców tego typu oznaczenie wykonano tylko na trzech próbkach, co może być przyczyną niereprezentatywności wyników.

Zależność między zawartością sumy  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  a ciężarem objętościowym i nasiąkliwością wyraźnie zaznacza się w przypadku piaskowców równolegle i przekątnie laminowanych. Pierwsze posiadają średni ciężar objętościowy 2,59 G/cm<sup>3</sup> i średnią nasiąkliwość 1,30% wag.; gdy suma  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  osiąga wartość średnią 22,24%. Najbogatsze w  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  piaskowce przekątnie laminowane wykazują najwyższy średni ciężar objętościowy (2,63 G/cm<sup>3</sup>) i najniższą średnią nasiąkliwość 0,81%.



Ciężar właściwy piaskowców fliszu podhalańskiego waha się w granicach od 2,66 do 2,73 G/cm<sup>3</sup>. Piaskowce zawierające większą ilość CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> posiadają nieco wyższy ciężar właściwy, co wiąże się z wyższym ciężarem właściwym dolomitu w porównaniu z kalcytem i kwarcem. Porowatość przyjmuje wartości od 1,5 do 7,9%. Najwyższą porowatość (6,9 i 7,9%) wykazują próbki z piaskowców frakcjonalnie warstwowych o dużym rozsiewie ziarna. Najniższą porowatość (1,5 i 2,9%) posiadają piaskowce przekątnie laminowane.

### WNIOSKI OGÓLNE

W oparciu o własne obserwacje i pracę A. Radomskiego (1958) w obrębie fliszu podhalańskiego można wydzielić piaskowce frakcjonalnie warstwowe, laminowane równoległe i przekątnie oraz o teksturze bezładnej.

Biorąc pod uwagę częstość występowania poszczególnych typów piaskowców, okazuje się, że zarówno w serii zakopiańskiej, chochołowskiej, jak i ostryskiej zdecydowanie przeważają ławice piaskowców laminowanych równoległe. Uwzględniając jednak sumaryczną miąższość ławic tych piaskowców widzimy, że jest ona najwyższa w obrębie serii zakopiańskiej, gdzie osiąga wartość 52% i stopniowo maleje ku młodszym ogniwom fliszu, wynosząc w serii chochołowskiej 33%, a w ostryskiej 24%. Miąższość poszczególnych ławic piaskowców laminowanych równoległe waha się w dość szerokich granicach, przekraczając wyłącznie w serii chochołowskiej 100 cm. We wszystkich seriach fliszu podhalańskiego najliczniej reprezentowane są ławice tego typu piaskowca o miąższości do 15 cm.

Częstość występowania ławic piaskowców laminowanych przekątnie maleje stopniowo od serii zakopiańskiej (40,7%) poprzez chochołowską (21,7%) do ostryskiej (14,6%). Maleje również procentowy udział sumy miąższości tych ławic od 11% w serii zakopiańskiej do 2% w ostryskiej. Ławice piaskowców laminowanych przekątnie wykazują nieznaczne miąższości, rzadko powyżej 15 cm, zwykle zaś poniżej 4 cm.

Częstość występowania ławic piaskowców frakcjonalnie warstwowych wzrasta od 11,9% w serii zakopiańskiej do 22,8% w chochołowskiej, a w ostryskiej osiąga 25,4%. Biorąc pod uwagę sumaryczną miąższość piaskowców omawianego typu wyrażoną w procentach, okazuje się, że wzrasta ona konsekwentnie ku stropowi fliszu podhalańskiego od 37% w serii zakopiańskiej, poprzez 54% w chochołowskiej do 74% w ostryskiej. Miąższość ławic piaskowców frakcjonalnie warstwowych waha się w szerokim zakresie dochodząc do 320 cm. Należy również nadmienić, że ławice piaskowców frakcjonalnie warstwowych o dużym rozsiewie ziarna osiągają przeważnie większą miąższość od ławic, w których zaznacza się mała gradacja ziarna.

Ławice piaskowców o teksturze bezładnej obserwowano wyłącznie w odsłonięciach serii chochołowskiej. Ilościowy ich udział w budowie tej serii jest bardzo niewielki, bo wynosi zaledwie 2,7%, gdy miąższościowy osiąga 9%. Miąższość ławic piaskowców tego typu waha się od 30 do 100 cm.

Opierając się na przedstawionych wyżej wynikach oraz pracy K. Birkenmajera (1959 b), który łączy typ warstwowania piaskowców z energią prądu zawiesinowego, można stwierdzić, że częstość pojawiania się prądów o różnej energii w basenie fliszu podhalańskiego była różna w kolejno po sobie następujących ogniwach stratygraficznych. I tak prądy zawiesinowe o dużej energii, w wyniku działania których powstały ławice piaskowców frakcjonalnie warstwowanych, pojawiają się coraz to częściej w młodszych seriach fliszu, a więc seriach chochołowskiej i ostryskiej. Podobnie wzrasta, chociaż słabiej, częstość pojawiania się prądów zawiesinowych o średniej energii (chmury zawiesinowe), z których powstały ławice piaskowców równolegle laminowanych. W młodszych ogniwach fliszu podhalańskiego częstość pojawiania się prądów trakcyjnych dających piaskowce o laminacji przekątnej wyraźnie maleje.

Z badań własności fizycznych wynika, że piaskowce różnych serii fliszu podhalańskiego mają zbliżone wartości. Pewne różnice uwydatniają się jednak w przypadku piaskowców wykazujących odmienne warstwowanie, co wiąże się głównie ze zmienną zawartością  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ .

Piaskowce fliszu podhalańskiego to przeważnie piaskowce szarogłazowe, wyjątkowo szarogłazy. Charakter składników detrytycznych w poszczególnych seriach jest bardzo zbliżony, a tylko ich procentowa zawartość wykazuje niewielkie zróżnicowanie. Na podkreślenie zasługuje obecność wśród materiału budującego piaskowce chochołowskie i ostryskie okruchów granitowych, których nie stwierdzono w piaskowcach serii zakopiańskiej. Ponadto we wszystkich piaskowcach fliszu podhalańskiego obserwowano okruchy skał metamorficznych, krzemionkowych, węglanowych, rzadko wylewnych.

Składniki detrytyczne są słabo obtoczone, ostrokrawędziste. Duża ilość ziarn kwarcu, zwłaszcza w piaskowcach serii zakopiańskiej, jest skorodowana przez rekrystalizujące spoiwo węglanowe.

Spoiwo piaskowców ma charakter kontaktowo-porowy, a w niektórych próbkach podstawowy. Jest ono utworzone z węglanów z dużą domieszką substancji ilastej i niekiedy krzemionki. Tę ostatnią obserwowano we wszystkich badanych próbkach piaskowców z serii zakopiańskiej. W serii chochołowskiej jest ona związana z niektórymi piaskowcami frakcjonalnie warstwowanymi i laminowanymi przekątnie, natomiast w piaskowcach serii ostryskiej spotykana jest bardzo rzadko i w znikomej ilości.

Na uwagę zasługuje obecność  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , którego ilość w piaskowcach fliszu podhalańskiego waha się od 2,43 do 13,82%. Ilość ta wyraźnie maleje w próbkach z młodszych pięter stratygraficznych w porównaniu do zawartości w piaskowcach serii zakopiańskiej. Stosunkowo niewielka ilość okruchów skał węglanowych w piaskowcach skłania do przyjęcia dolomitu również jako składnika spoiwa.

Średnia zawartość  $\text{CaCO}_3$  w piaskowcach poszczególnych pięter fliszu podhalańskiego wykazuje pewne zróżnicowanie. Jest ona najmniejsza w piaskowcach chochołowskich i wynosi 10,84%, nieco wyższą zawartością  $\text{CaCO}_3$  charakteryzują się piaskowce serii zakopiańskiej, a najwyższą średnią (17,15%) wykazują piaskowce ostryskie.

Detrytyczny charakter badanych skał, jak również środowisko fliszowe ich osadzania wskazują, że węglan wapnia i dolomit spoiwa omawia-

nych piaskowców posiadały pierwotnie charakter detrytyczny. Powstały one w wyniku rekrytalizacji drobnych mętów wapiennych, a często także najdrobniejszych okruchów skał dostarczanych do basenu sedymentacyjnego.

Zmniejszenie się zawartości  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , od średniej 8,32% w piaskowcach serii zakopiańskiej do 4,47% w serii ostryskiej, przy równoczesnym pojawieniu się wśród materiału detrytycznego piaskowców chochołowskich i ostryskich okruchów granitu, świadczy o zmianach, jakie nastąpiły w materiale dostarczonym do basenu fliszu podhalańskiego. Erozyja w masywie, który był źródłem tego materiału, niszczyła najpierw jego pokrywę osadową i metamorficzną, a następnie w okresie osadzania się warstw chochołowskich i ostryskich doszła do trzonu granitowego.

Katedra Ziół Surowców Skalnych  
Akademii Górniczo-Hutniczej  
Kraków, al. Mickiewicza 30  
Nadesłano dnia 1 marca 1965 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- BLEDA F. (1959) — Paleontologiczna stratygrafia eocenu tatrzańskiego i fliszu podhalańskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **149**, p. 215—224. Warszawa.
- BIRKENMAJER K. (1959a) — Diapiric tectonics in the Pieniny Klippen Belt (Carpatians). *Bul. Acad. Pol. Sc. Chim. Geol. Geogr.*, **7**, nr 2, p. 124—128. Warszawa.
- BIRKENMAJER K. (1959b) — Systematyka warstwowań w utworach fliszowych i podobnych. *Studia geol. pol.*, **3**, p. 9—128. Warszawa.
- FOLK R. L. (1959) — Practical petrographic classification of limestones. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.*, **43**, p. 1—38, nr 1. Tulsa Oklahoma.
- GOŁĄB J. (1949) — Konferencja w sprawie regionu podhalańskiego. *Wiad. Muz. Ziemi*, **5**, nr 1, p. 240—247. Warszawa.
- GOŁĄB J. (1959) — Zarys stosunków geologicznych fliszu zachodniego Podhala. *Biul. Inst. Geol.*, **149**, p. 225—239. Warszawa.
- GRZYBEK K., HALICKI B. (1958) — Osuwiska podmorskie we fliszu podhalańskim. *Acta geol. pol.*, **8**, nr 3, p. 411—459. Warszawa.
- GRZYBEK K. (1960) — Próba nowego ujęcia stratygrafii fliszu podhalańskiego (wiadomość tymczasowa). *Zbiór prac i komunikatów treści geologicznej Inst. Geol. i Muz. Ziemi*, p. 61—69. Warszawa.
- HALICKI B. (1959) — Nowe opracowanie geologiczne Podhala. *Biul. Inst. Geol.*, **149**, p. 241—249. Warszawa.
- HALICKI B. (1961) — Z badań nad fliszem podhalańskim i magurskim na Podhalu. *Acta geol. pol.*, **11**, nr 4, p. 477—482. Warszawa.
- HALICKI B. (1963) — Tektonika Podhala. *Rocz. P.T.G.*, **33**, nr 3, p. 349—361. Kraków.
- KOSIOREK-JACZYNOWSKA W. (1959) — Kilka uwag o sposobie występowania dolomitowych skał w warstwach zakopiańskich fliszu podhalańskiego. *Przegl. geol.*, **3**, p. 131—132. Warszawa.

- KOTAŃSKI Z. (1963) — O charakterze geosynkliny karpackiej. *Acta geol. pol.*, **13**, nr 1, p. 14—26. Warszawa.
- KREUTZ S. (1927) — Prekarpaty i ich związek z Karpatami. *Skaly krystaliczne. In.: J. Nowak — Zarys tektoniki Polski. Kraków.*
- KREUTZ S. (1928) — Skala wylewna jako składnik piaskowca fliszowego z Kozinca pod Tatrami. *Spraw. Pol. Akad. Umiej.*, **7**, p. 111. Kraków.
- KSIAŻKIEWICZ M. (1954) — Warstwowanie frakcyjne i laminowane we fliszu karpackim. *Rocz. P.T.G.*, **21**, nr 4, p. 399—449. Kraków.
- MICHALIK A., WIESER T. (1959) — Tufity we fliszu podhalańskim. *Kwart. geol.*, **3**, p. 378—389, nr 2. Warszawa.
- MOROZEWICZ J. (1890) — Przyczynki do petrografii krajowej. Analiza mikroskopowa skał osadowych tatrzańskich. *Pam. Fizjograf.*, **10**, p. 19—28. Warszawa.
- PASSENDORFER E. (1958) — W sprawie sedymentacji eocenu tatrzańskiego. *Acta geol. pol.*, **8**, nr 3, p. 451—475. Warszawa.
- PASSENDORFER E. (1959) — Paleogeografia wyspy tatrzańskiej w czasie eocenu. *Biul. Inst. Geol.*, **149**, p. 259—271. Warszawa.
- PASSENDORFER E. (1963) — La géologie des Tatres et de Podhale. *Biul. Inst. Geol.*, **181**, p. 175—205. Warszawa.
- RADOMSKI A. (1958) — Charakterystyka sedymentologiczna fliszu podhalańskiego. *Acta geol. pol.*, **8**, nr 3, p. 335—408. Warszawa.
- RADOMSKI A., MARISZALKO R. (1960) — Wstępne wyniki badań nad kierunkami transportu materiału w basenie fliszowym centralnych Karpat. *Rocz. P.T.G.*, **30**, nr 3, p. 259—271. Kraków.
- TURNAU-MORAWSKA M. (1957) — Zagadnienie genetycznej klasyfikacji piaskowców. *Arch. mineral.*, **30**, nr 1—2, p. 169—190. Warszawa.

Ян БРОМОВИЧ, Здзіслав РОВІНСЬКІ

## НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ О ПЕСЧАНИКАХ ПОДГАЛЯНСКОГО ФЛИША

### Резюме

Подгальянский флиш выполняет понижение между Пеннинской утесовой зоной и Татрами. В настоящей работе рассматриваются песчаники западной части понижения. Указывается частота типов слоистости и отличия в литологическом развитии песчаников закопанской, хохоловской и острыйской свит.

Среди песчаников подгальянского флиша встречаются песчаники с полосовидной, параллельной и диагональной слоистостью, а также с беспорядочной текстурой. Из цифровых данных следует, что частота появления сильных суспензионных течений, в результате которых образовались толщи песчаников с полосовидной слоистостью, возрастала по мере накопления более молодых звеньев флиша. Подобным образом, но в меньшей степени, возрастала частота появления суспензионных течений средней энергии, являющихся источником параллельнослоистых песчаников. В этом же направлении уменьшалась же частота донных течений, в результате которых образовались диагональнослоистые песчаники.

Исследуемые породы подгальянского флиша обладают преимущественно чертами граувакковых песчаников (фиг. 2). Состав обломочных компонентов в песчаниках отдельных свит сходен и только в их процентном содержании наблюдаются некоторые расхождения (таб. 2, 3, 4). Во всех исследуемых песчаниках наблюдаются обломки метаморфических, кремнистых, карбонатных и, спорадически, эффузивных пород. Внимания заслуживает наличие в детритовом материале, слагающем хохоловские и острьские песчаники, гранитовых обломков, не встречающихся в нижележащих закопанских песчаниках. Цемент карбонатно-глинистый с примесью кремнезема, обладает контактно-порovým, иногда базальным характером.

Содержание  $\text{CaCO}_3$  колеблется в пределах от 2,26% до 27,92%. Самое большое среднее его содержание, составляющее 17,15%, наблюдается в песчаниках острьской свиты, менее высокое в песчаниках закопанской свиты — 13,20% и самое низкое в песчаниках хохоловской свиты — 10,84%.

Содержание  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  по сравнению с его количеством в песчаниках закопанской свиты уменьшается в песчаниках слагающих более молодые свиты (таб. 2, 3, 4).

Песчаники отдельных свит подгальянского флиша обладают сходными физическими свойствами (таб. 5). Некоторые расхождения наблюдаются в песчаниках, характеризующихся разной слоистостью, что связывается, главным образом, с непостоянным суммарным содержанием  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (таб. 6).

Факт уменьшения количества  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  в песчаниках более молодых свит с одновременным появлением гранитовых обломков в хохоловских и острьских песчаниках, свидетельствует о изменениях происходивших в материале, который поступал в бассейн подгальянского флиша. Эрозионные процессы в пределах массива, являющегося источником этого материала, сначала разрушали его осадочный и метаморфический покров, а затем, в период осадконакопления хохоловской и острьской свит, достигли его гранитного ядра.

---

Jan BROMOWICZ, Zdzisław ROWIŃSKI

### SOME REMARKS ON THE SANDSTONES FROM THE PODHALE FLYSCH

#### Summary

The Podhale flysch fills up a depression between the Pieniny Klippen Belt and the Tatra Mts. The present paper, dealing with the sandstones occurring in the western part, presents the frequency of the stratification types and gives differences in the lithological development of the Zakopane, Chochołów and Ostrysz-sandstone series.

The Podhale flysch sandstones consist of fractionally bedded, parallelly laminated, and diagonally laminated sandstones, as well as of those exhibiting random structure. It results from the calculation data that the frequency of the suspension currents of high energy, which are responsible for the formation of banks of the fractionally bedded sandstones, increased parallelly to the sedimentation of the younger flysch members. Similarly, the frequency of the suspension currents

of lesser energy increased, however, on a smaller scale. These currents caused that the parallelly laminated sandstones were deposited. On the other hand, in this direction the frequency of the traction currents decreased. These latter were, in turn, responsible for the formation of the diagonally laminated sandstones there.

For the most part, the investigated rocks of the Podhale flysch bear a character of greywacke sandstones (Fig. 2). The character of detrital components in the sandstones of the individual series is similar, and only their percentage shows a slight difference (Tabs 2, 3 and 4). Fragments of metamorphic, siliceous, carbonate, sporadically also effusive rocks may be observed in all the sandstones examined. The presence of granite fragments, which do not occur in the lower resting Zakopane sandstones, in the detrital material building up both the Chochołów and the Ostrysz sandstones, are here worthy of stress. The cementing carbonate-clayey material is of contact-porous, occasionally also of basic character and reveals an admixture of silica.

The  $\text{CaCO}_3$  content ranges from 2,26% up to 27,92%. The highest mean content may be seen in the sandstones of the Ostrysz series, where it amounts to 17,15%, somewhat lesser one in the sandstones of the Zakopane series — 13,20%, and the minimum one in the Chochołów series — 10,84%.

The  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  content decreases in sandstones representing the younger series, when compared with that in the sandstones of the Zakopane series (Tabs 2, 3 and 4).

The sandstones of various series of the Podhale flysch are of similar physical properties (Tab. 5). Some differences may be observed only in sandstones exhibiting a different bedding; this is connected mainly with the changes in the  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  contents (Tab. 6).

A decrease in the  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  percentage in sandstones of the younger series and a simultaneous appearance of granite fragments in both the Chochołów and the Ostrysz sandstones, reflect the changes which took place in the material supplied into the Podhale flysch basin. The erosion of the massif that was the source of this material, firstly destroyed its sedimentary and metamorphic covers, and only at the time of sedimentation of the Chochołów and the Ostrysz series, reached its granite socle.