

MARIA KRYSOWSKA

ANALIZA MINERAŁÓW CIĘŻKICH W NAJMŁODSZYCH OSADACH SIECI RZECZNEJ TATR ZACHODNICH

(3 fig.)

*An analysis of heavy minerals in Recent fluvial sediments in the
 Western Tatra Mts*

(3 fig.)

Treść: Minerale ciężkie wydzielone ze skał osadowych Ziemi Polskich służyły do określania pewnych zazwyczaj hipotetycznych paleoprowincji petrograficznych zasilających zbiorniki sedymentacyjne. Studium minerałów ciężkich z osadów i zwietrzelin znajdujących się w źródłowych potokach Czarnego Dunajca w obrębie Tatr jest próbą ustalenia bezpośredniego związku pomiędzy składem tych minerałów a otaczającą skałą macierzystą. W wyniku tych badań przekonano się, że współczesne wietrzenie w obrębie skał krystalicznych niszczy przede wszystkim łupki metamorficzne mniej lub więcej zgranityzowane. W obrębie skał osadowych obserwuje się dostarczanie do utworów rzecznych niektórych ciężkich minerałów węglanowych, wytrzymujących dość odległy transport. W utworach rzecznych nieco starszych wchodzących w skład moreny na Wyżniej Hali Chochołowskiej minerały ciężkie dowodzą zwietrzenia granitów.

WSTĘP

W czasie XXXII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Tatrach jesienią 1959 r., prof. dr Antoni Gawęł zwrócił uwagę na celowość analizowania minerałów ciężkich z najmłodszych osadów tatrzańskich sieci rzecznych, a także z osadów występujących w cyrkach polodowcowych. Taka analiza pozwala z największym prawdopodobieństwem odtworzyć obraz frakcji ciężkiej macierzystych skał tatrzańskich oraz może przyczynić się do uzyskania szeregu danych zarówno odnośnie do przebiegu procesów petrogenetycznych jak i przebiegu współcześnie zachodzących procesów wietrzeniowych.

Minerały ciężkie z magmowych skał tatrzańskich były dotychczas opracowywane jedynie przez J. Zerndta (1927). W opracowaniu swoim oparł się on wyłącznie na obserwacji cyrkonów z granitu Kasprowego Wierchu i Mięguszwieckiego Szczytu oraz z gnejsu Ornaku. Szczegółowe badania morfologii cyrkonów wykonywał dla celów wnioskowań paleogeograficznych.

Z osadowych skał tatrzańskich wieku werfeńskiego i kajprowego ana-

lizowała ubocznie minerały ciężkie M. Turnau-Morawska (1947, 1953). Ponadto badaniem minerałów ciężkich z utworów fliszu podhalańskiego zajmowali się J. Tokarski i A. Oberc (1952), oraz J. Łoziński (1957).

Przedstawione opracowanie oparto na materiałach zebranych z potoków dolin: Chochołowskiej, Lejowej i Kościeliskiej. Dla celów pełniejszego zobrazowania procesów wietrzeniowych zbadano minerały ciężkie w gliniastych utworach morenowych z Wyżniej Hali Chochołowskiej. W celu określenia wpływu transportu wodnego na minerały ciężkie przeanalizowano także piaski Czarnego Dunajca z miejscowości Czarny Dunajec. Jako bezpośredni produkt zwietrzenia skał macierzystych wzięto do badań piaski z Morskiego Oka oraz z polodowcowego kotła Goryczkowej. Lokalizację miejsc pobrania prób do badań przedstawia załączona mapka (fig. 1).

Skład ilościowy frakcji ciężkiej ustalono w procentach (tabela I, fig. 2) w materiale oczyszczonym w kwasie solnym na gorąco. W roztworze rozpuszczonych w kwasie solnym minerałów frakcji ciężkiej oznaczono: Fe, Ca, Mg, Ti, Mn.

Całość opracowania została wykonana w ramach funduszków uniwersyteckich w Zakładzie Mineralogii i Petrografii UJ, pod kierownictwem prof. dra A. Gawała, któremu za wiele cennych uwag i wskazówek składam szczere i serdeczne wyrazy podziękowania.

WYSTĘPOWANIE MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Aluwia z potoku Doliny Chochołowskiej

W najwyższej partii doliny, w polodowcowym kotle u źródeł potoku Chochołowskiego zwietrzelina skał otaczających odznacza się obecnością zespołu minerałów ciężkich, w którym ilościową przewagę prócz minerałów nieprzeźroczystych ma biotyt i amfibol zwyczajny. W mniejszych ilościach występują chloryt, muskowit i apatyt, a cyrkon, granat, epidot, gedryt i turmalin mają znaczenie podrzędne. Wśród minerałów nieprzeźroczystych głównie występuje limonit i ilmenit, rzadziej leukoksen i magnetyt (fig. 2, diagr. 1).

Taki zespół minerałów ciężkich wskazuje, że materiał pochodzi głównie z czarnych łupków chlorytowych budujących zbocza grani Tatr Zachodnich oraz z zgranityzowanych serii amfibolitowych Rakonia i Długiego Upłazu. Występowanie jasnoróżowego granatu jest wynikiem wietrzenia arterytów białego granitu muskowitowego z Wołowca, w którym takie właśnie granaty były obserwowane przez A. Gawała (1959b).

Procesy granityzacji, niewątpliwie wpływające na wytworzenie zespołu minerałów ciężkich w granitoidowych skałach, znalazły tu swój wyraz w morfologii ziarn cyrkonów. Zwraca uwagę fakt, że występują tu prawie wyłącznie formy pękate i połamane, doskonale obtoczone i skorodowane. J. Morozewicz (1929) pisząc o mariupolicie zwrócił uwagę, że z magmą alkaliczną wiążą się cyrkonony pozbawione ścian słupa. Według A. Gawała (informacja ustna) cyrkonony serii amfibolitowej Tatr Zachodnich zostały obtopione przez granityzujące roztwory związane z pneumatolitycznymi magmami sodowo-potasowymi.

W odległości około 3 km od źródeł potoku ku dołowi doliny w składzie

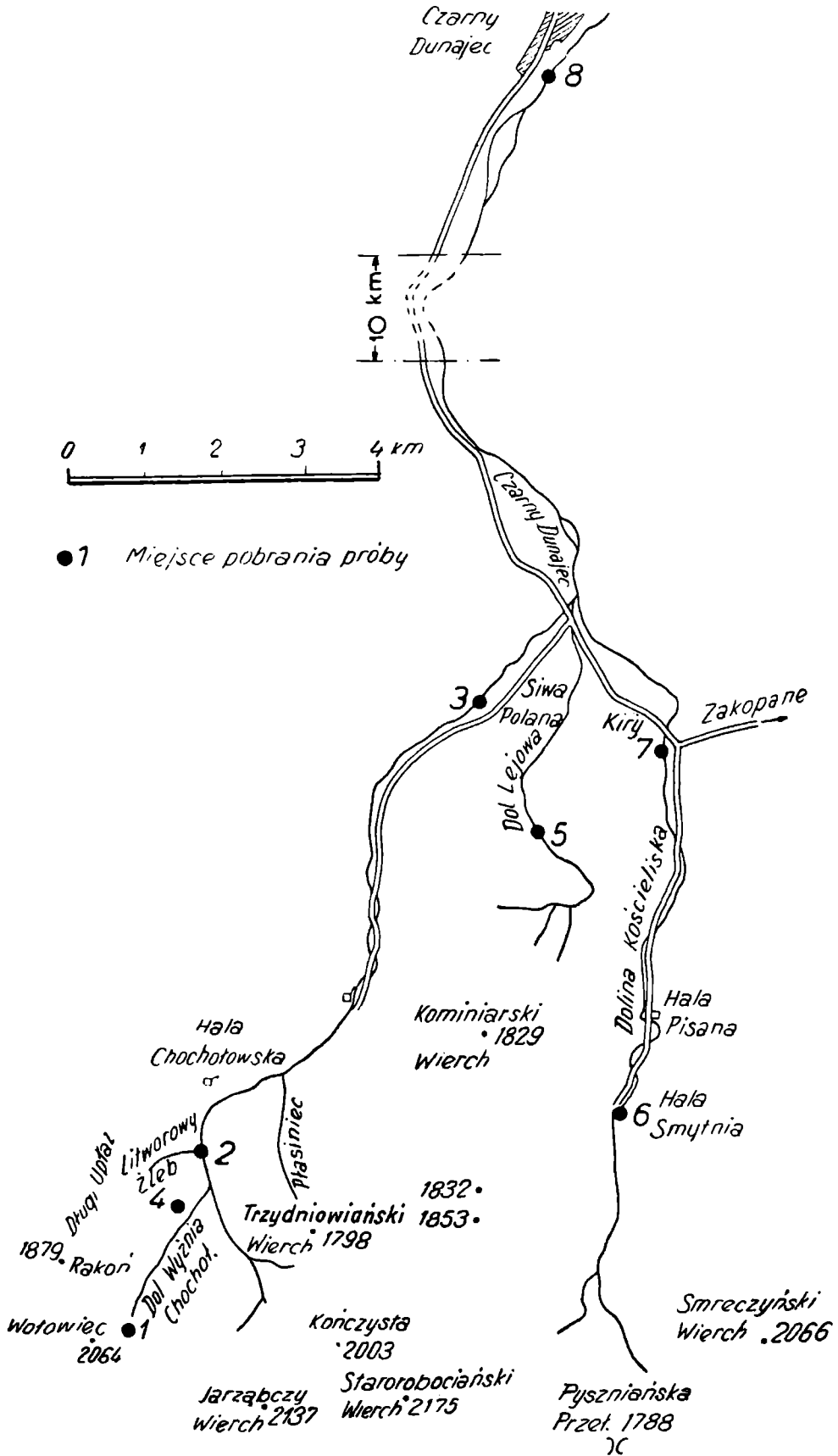


Fig. 1. Szkic lokalizacji pobranych prób
Fig. 1. Sketch-map indicating the location of samples described in the text

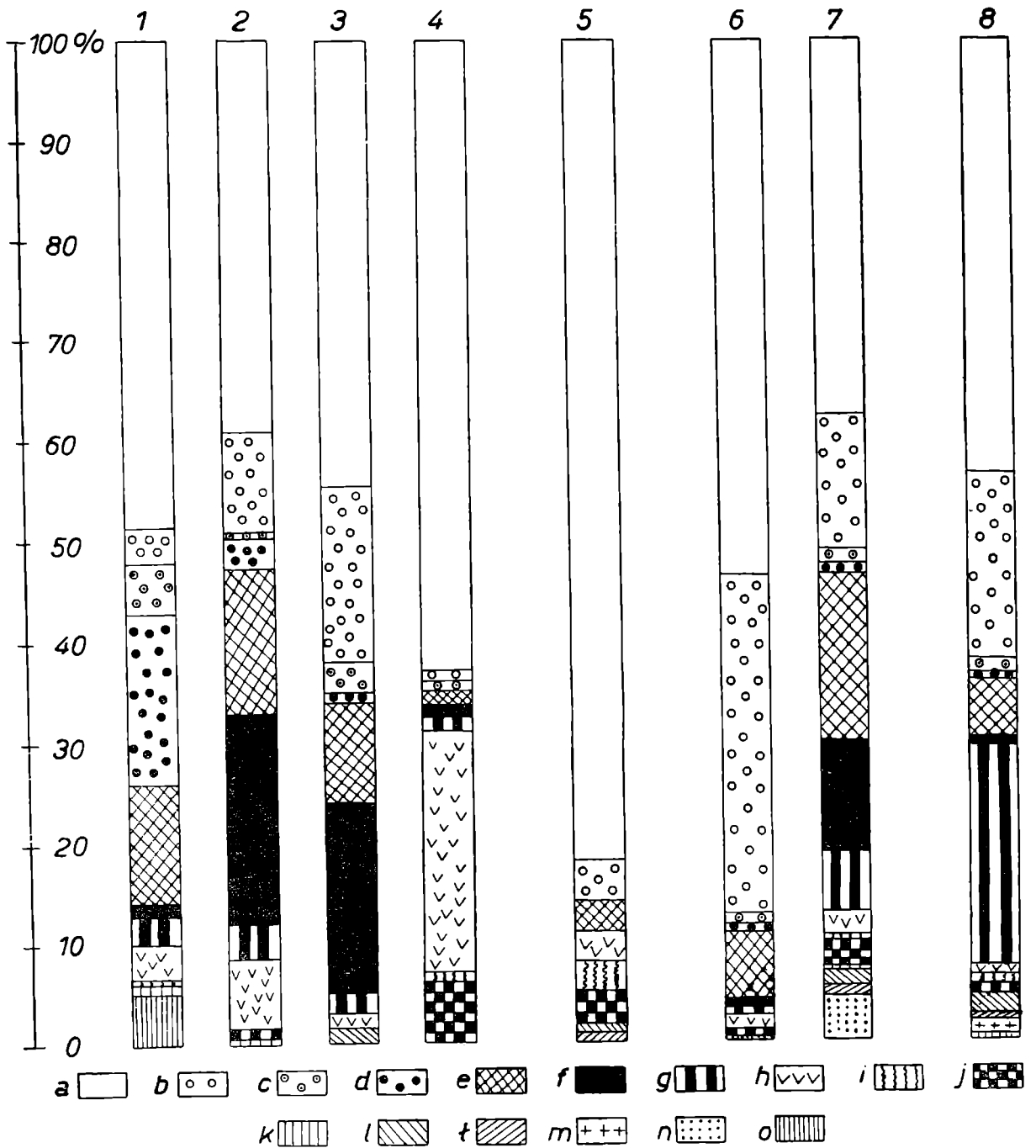


Fig. 2. Diagramy procentowej zawartości minerałów ciężkich w opisanych zespołach. 1—kocioł polodowcowy u źródeł potoku Chochołowskiego; 2—ujście Litworowego Żlebu do potoku Chochołowskiego; 3—wylot Doliny Chochołowskiej (Siwa Polana); 4—Wyżnia Hala Chochołowska (morena); 5—Dolina Lejowa; 6—Dolina Kościeliska (Hala Smytnia); 7—Dolina Kościeliska (Kiry); 8—Czarny Dunajec

a — minerały nieprzezroczyste; b — muskowit; c — chloryt; d — biotyt; e — amfibol zwyczajny; f — gedryt; g — granat; h — cyrkon; i — turmalin; j — rutyl; k — epidot; l — piroksen; ł — andaluzyt; m — staurolit; n — kasyteryt; o — apatyt

Fig. 2. Diagrams indicating the composition of heavy minerals assemblages. 1—Glacial cirque at the source of the Chochołowski stream; 2—Chochołowska Valley, at the mouth of Litworowy Żleb; 3—Siwa Polana — at the mouth of the Chochołowska Valley; 4—Wyżnia Hala Chochołowska — the sample taken from the Pleistocene moraine; 5—Lejowa Valley; 6—Kościeliska Valley, at Hala Smytnia; 7—Kiry — at the mouth of the Kościeliska Valley; 8—Czarny Dunajec;

a — opaque minerals; b — muscovite; c — chlorite; d — biotite; e — ordinary amphibole; f — gedrite; g — garnet; h — zirkone; i — tourmaline; j — rutile; k — epidote; l — pyroxene; ł — andalusite; m — stauroilite; n — cassiterite; o — apatite.

frakcji ciężkiej zaznaczają się wyraźne zmiany. Masowo występuje tu minerał gedryt. W większych ilościach niż poprzednio pojawiają się cyrkon i muskowitz, natomiast biotyt, chloryt, granat, rutyl i epidot nie odgrywają większej roli (fig. 2, diagr. 2).

Obecność tak dużej ilości gedrytu wiąże się z wietrzeniem skał gedrytowych. Minerał ten po raz pierwszy stwierdzony został przez Wł. Paolicę (1915) w luźnych kawałkach gnejsu gedrytowego zebranych na południowym zboczu Giewontu. „In situ” zostały stwierdzone amfibolity gedrytowe w Tatrach Zachodnich przez A. Gawła (1959a). Występują one w Litworowym Żlebie, w średnim biegu potoku Ptasiniec, w dolnych partiach Doliny Starorobociańskiej oraz u stóp zachodniej strony Ornaku i na zboczach Trzydniowiańskiego Wierchu. Według A. Gawła (l. c.) omawiana skała składa się ze skaleni, miki i gedrytu oraz węglanu, który jest dolomitem żelazistym. Skład chemiczny pozwala porównywać ją z amfibolitami opracowanymi przez St. Jaskólskiego (1924).

U wylotu Doliny Chochołowskiej w pobliżu Siwej Polany w zespole minerałów ciężkich osadów potoka obserwuje się bardzo duże nagromadzenie węglanów¹. W dużych ilościach towarzyszą im znane już z wyższych partii doliny: gedryt, muskowitz i amfibol zwyczajny. Biotyt, chloryt, granat, cyrkon i piroksen stanowią niewielkie domieszki (fig. 2, diagr. 3). Minerale nieprzeźroczyste reprezentowane są głównie przez ilmenit, magnetyt, hematyt i limonit.

Występowanie węglanów wskazuje, że wapienie i dolomity budujące strome zbocza są głównym źródłem pochodzenia materiału aluwialnego w dolnej części doliny.

Morena z Wyżniej Hali Chochołowskiej

Zespół minerałów ciężkich w utworach morenowych Wyżniej Hali Chochołowskiej składa się głównie z cyrkonu, ilmenitu i rutylu. W małych ilościach towarzyszą im muskowitz, chloryt, amfibol zwyczajny, granat, gedryt i turmalin (fig. 2, diagr. 4).

Charakterystyczną cechą tego zespołu jest wysoki stopień koncentracji cyrkonu, który to minerał w pozostałych zespołach stanowi jedynie podrzędne domieszki. Prawdopodobnie jest to wynikiem procesów wietrzeniowych, podczas których minerały mniej odporne uległy zniszczeniu.

W pokroju cyrkonów na pierwszy plan wysuwają się ziarna krótkosłupkowe, pękate, idealnie obtoczone, prawie okrągłe. W mniejszym stopniu występują ziarna wydłużone, ale także obtoczone, przy czym stosunek wydłużenia wynosi najwyżej 2:1. Często są one połamane. Ziarna idiomorficznie wykształcone pojawiają się bardzo rzadko. Procentowy udział różnie wykształconych ziarn cyrkonów przedstawia się następująco:

ziarna krępe obtoczone	66,0%
ziarna wydłużone obtoczone	15,0%
ziarna obtoczone, ułamane	15,0%
ziarna wykształcone idiomorficznie	4,0%

Bardziej wnikliwe obserwacje krystalograficzne utrudnione są na skutek obtoczenia lub obtopienia poszczególnych ziarn. Na zaokrągloną formę cyrkonów gnejsu z Ornaku zwrócił już uwagę J. Zerndt (1927).

¹ Węglany i apatyt nie zostały uwzględnione w obliczeniach (tab. I. i fig. 2), ponieważ te wykonano na materiale oczyszczonym w kwasie solnym na gorąco.

Opisując cyrkony granitu z Kasprowego Wierchu i Mięguszowieckiego Szczytu podzielił je ze względu na pokrój ich kryształów na kilka typów. Cyrkony z moreny Wyżniej Hali Chochołowskiej są podobne do typów: 37, 38, 39, 40 Mięguszowieckiego Szczytu oraz do typów: 12 i 13 Kasprowego Wierchu.

Na podstawie charakteru krzywej termicznej różnicowej wykonanej przez mgr W. Heflika wynika, że materiał ilasty tej moreny składa się z dość znacznej ilości kaolinitu i nieznacznych ilości substancji montmorilonitowej z dużą domieszką części organicznych, w wyniku czego występują efekty: endotermiczny w temperaturze 130 °C i egzotermiczny w temperaturze 350 °C (fig. 3).

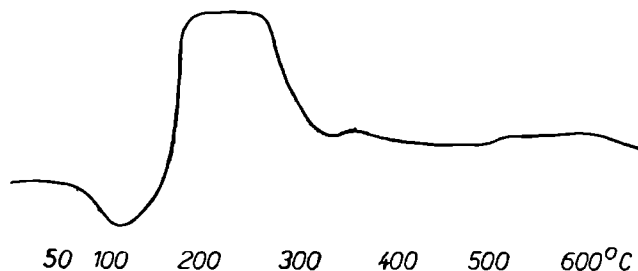


Fig. 3. Krzywa termiczna różnicowa utworów morenowych z Wyżniej Hali Chochołowskiej

Fig. 3. Thermal differential curve of the clayey material of the moraine sampled at Wyżnia Chochołowska

Otrzymane wyniki wskazują na typ wietrzenia sialicznego prawdopodobnie głównie skał granitowych w klimacie umiarkowanym i w środowisku raczej kwaśnym. Przy udziale CO₂ powstającym z rozkładu części humusowych zostały rozpuszczone i odprowadzone ze skaleni, mik i amfiboli pierwiastki jednowartościowe jak K⁺ i Na⁺ oraz dwuwartościowe Ca²⁺ i Fe²⁺. Ze struktury skaleni, mik i amfiboli mogła również zostać wylugowana glinka, która w środowisku lekko kwaśnym może wędrować w formie koloidalnej ze znakiem elektrododatnim. Wynikiem tego jest tak mała ilość w morenie amfiboli, mik i skaleni.

Aluwia z Doliny Lejowej

W aluwjach Doliny Lejowej zespół minerałów ciężkich składa się prawie wyłącznie z minerałów nieprzeźroczystych i węglanowych. Muskowit, amfibol zwyczajny, cyrkon, turmalin, rutyl, piroksen, apatyt i andaluzyt pojawiają się sporadycznie (fig. 2, diagr. 5). Wśród minerałów nieprzeźroczystych występuje najczęściej limonit i hematyt, rzadziej magnetyt i ilmenit. Masowe występowanie węglanów jest wynikiem wietrzenia wapieni i dolomitów serii reglowej odsłaniających się wzdłuż całej Doliny Lejowej.

Aluwia z potoku Doliny Kościeliskiej

W górnej części Doliny Kościeliskiej (Hala Smytnia) osady aluwialne charakteryzuje obecność zespołu minerałów ciężkich, złożonego przeważnie z minerałów nieprzeźroczystych, węglanów, muskowitu oraz w mniejszym stopniu z amfibolu zwyczajnego. W postaci sporadycznych domie-

szek występuje biotyt, chloryt, gedryt, granat, cyrkon, rutyl i kasyteryt (fig. 2, diagr. 6).

Ze składu mineralnego frakcji ciężkiej wynika, że materiał aluwialny pochodzi zarówno ze skał krystalicznych i metamorficznych, jak i ze skał osadowych, tj. wapieni i dolomitów budujących zbocza doliny. Pojawienie się kasyterytu wiąże się z mineralizacją wyżej występujących zgraniczowanych serii amfibolitów i gnejsów.

Na Kirach u wylotu Doliny Kościeliskiej obserwuje się w aluviach minerały ciężkie znane już z wyższych partii doliny oraz minerały pochodzące ze skał węglanowych budujących zbocza doliny. Oprócz minerałów nieprzeźroczystych i muskowitu występują w dość znacznych ilościach amfibol zwyczajny i gedryt. Wzrasta także ilość granatu i kasyterytu. Cyrkon, rutyl, turmalin, epidot, piroksen i andaluzyt nie odgrywają większej roli (fig. 2, diagr. 7).

P i a s k i z C z a r n e g o D u n a j c a

W piaskach Czarnego Dunajca, w miejscowości Czarny Dunajec, odległej od omawianego obszaru Tatr Zachodnich około 20 km, zaobserwowano zespół minerałów ciężkich różniący się od poprzednio opisanych masowym występowaniem granatów. W mniejszym stopniu występują natomiast węglany i amfibole zwyczajne. Bardzo nielicznie pojawiają się biotyt, chloryt, gedryt, cyrkon, turmalin, rutyl, piroksen, andaluzyt, staurolit i kasyteryt (fig. 2, diagr. 8).

Na podstawie wyżej przytoczonych stosunków ilościowych w zespole minerałów ciężkich można powiedzieć, że podczas transportu wodnego na przestrzeni około 20 km, uległy zniszczeniu prawie wszystkie gedryty oraz znaczna część węglanów i amfiboli zwyczajnych. Duża zawartość granatu jest wynikiem z jednej strony koncentracji tego składnika jako minerału bardzo odpornego przy równoczesnym ubytku minerałów mało odpornych, z drugiej strony wiąże się z erozją utworów fliszu podhalańskiego, w których obecność granatu udowodniły badania J. Tokarskiego i A. Oberca (1952), a także J. Łozińskiego (1957). Warto zwrócić uwagę na obecność staurolitu nie stwierdzonego dotąd w omawianych osadach aluwialnych. Brak staurolitu w utworach triasu tatrzańskiego podkreśla również M. Turnau-Morawska (1955).

O s a d y z c y r k ó w p o l o d o w c o w y c h: G o r y c z k o w e j i M o r s k i e g o O k a

Dla porównania przeprowadzono obserwację zespołów minerałów ciężkich z piasków pochodzących z cyrków polodowcowych Goryczkowej i Morskiego Oka. Zespoły te wykazują między sobą duże podobieństwo zarówno pod względem składu jakościowego, jak i stosunków ilościowych. W obydwu osadach dominują minerały nieprzeźroczyste (limonit, hematyt i magnetyt), łyszczyki i amfibole zwyczajne. W mniejszych ilościach obserwuje się epidot, a granat i cyrkon pojawiają się sporadycznie. Niewielkie różnice polegają na tym, że łyszczyki w osadach Morskiego Oka reprezentowane są głównie przez muskowit w przeciwieństwie do osadów Goryczkowej, gdzie wybitnie przeważa biotyt, a amfibole zwyczajne, epidot i staurolit osiągają nieco większe ilości kosztem minerałów nieprzeźroczystych.

Prawdopodobnie najmłodsze osady kotła Goryczkowej pochodzą z amfibolitów i gnejsów andezynowo-biotytowych, według M. Turnau-Morawskiej (1959) wzbogaconych w biotyty w czasie procesów granodiorytyzacji. Osady Morskiego Oka pochodzą głównie z gnejsów i mylonitów często schlorytyzowanych.

W porównaniu z opisanymi zespołami minerałów ciężkich z najmłodszych osadów Tatr Zachodnich zespoły minerałów ciężkich z osadów kotła Goryczkowej i Morskiego Oka wykazują największe podobieństwo do zespołu minerałów ciężkich z osadów cyrku polodowcowego znajdującego się u źródeł potoku Chochołowskiego.

Niżej załączona tabela I przedstawia procentowy udział poszczególnych minerałów w opiszanych zespołach.

Tabela (Table) 1
Procentowa zawartość minerałów ciężkich w zespołach
Quantitative composition of heavy minerals assemblages

	1	2	3	4	5	6	7	8
min. nieprzezroczyste, opaque minerals	48,6	38,6	44,0	63,0	82,0	53,0	38,0	43,0
muskowit, muscovite	3,6	10,0	18,0	1,0	4,0	34,0	13,3	18,0
chloryt, chlorite	5,0	0,6	3,0	1,0	—	1,0	1,6	1,3
biotyt, biotite	17,0	3,0	1,0	—	—	0,6	1,0	0,6
amfibol zw., amphibole	12,6	14,6	10,0	1,3	3,0	6,9	16,6	6,0
gedryt, gedrite	1,0	21,0	19,3	1,0	—	0,6	11,0	0,6
granat, garnet	2,0	3,6	2,0	1,3	—	1,0	6,0	22,0
cyrkon, zirkone	3,6	7,0	1,3	24,2	3,0	1,6	2,3	1,0
turmalin, tourmaline	0,3	—	—	1,0	3,0	—	0,3	3,0
rutyl, rutile	—	1,0	—	6,0	3,0	0,6	2,6	1,0
epidot, epidote	1,0	0,3	—	—	—	—	0,3	—
piroksen, pyroxene	—	—	1,3	—	1,0	—	1,3	2,0
andaluzyt, andalusite	—	—	—	—	1,0	—	1,0	0,6
staurolit, staurolite	—	—	—	—	—	—	—	2,0
kasyteryt, cassiterite	—	—	—	—	—	0,3	4,3	0,6
apatyt, apatite	5,0	—	—	—	—	—	—	—

Objaśnienie, Explanation:

- 1 — kocioł polodowcowy u źródeł potoku Chochołowskiego; Glacial cirque at the source of the Chochołowski stream
- 2 — ujęcie Litworowego Żlebu do potoku Chochołowskiego; Chochołowska Valley at the mouth of Litworowy Żleb
- 3 — wylot Doliny Chochołowskiej (Siwa Polana); Siwa Polana at the mouth of the Chochołowska Valley
- 4 — morena z Wyżniej Hali Chochołowskiej; Wyżnia Hala Chochołowska, the sample taken from the Pleistocene moraine
- 5 — Dolina Lejowa; Lejowa Valley
- 6 — górny odcinek Doliny Kościeliskiej (Hala Smytnia); Kościeliska Valley at Hala Smytnia
- 7 — wylot Doliny Kościeliskiej (Kiry); Kiry at the mouth of the Kościeliska Valley
- 8 — Czarny Dunajec

Zestawione wyniki wskazują, że skład frakcji ciężkiej w najmłodszych osadach Tatr Zachodnich jest dość zróżnicowany. Na tle wielu gatunków minerałów wyróżniają się minerały charakterystyczne jak: amfibol zwyczajny, gedryt, cyrkon, granat i węglany. Stosunki ilościowe pomiędzy tymi charakterystycznymi minerałami są ściśle związane z budową geologiczną i litologiczną rejonu tatrzańskiego i pozwalają opisać zespoły

ugrupować w pewne typy, których występowanie wiąże się także z poziomami wysokościowymi. Ogólnie można powiedzieć, że w utworach powyżej około 1000 m n.p.m. występuje zespół minerałów ciężkich o przewadze minerałów amfibolowych. Niższe poziomy zbudowane z wapieni i dolomitów (seria wierchowa i regłowa) charakteryzuje zespół minerałów węglanowych. W utworach morenowych występuje głównie cyrkon w towarzystwie minerałów najtrwalszych, a w aluwiach Czarnego Dunajca alimentowanych przez utwory fliszu podhalańskiego zaznacza się wyraźna zmiana składu frakcji ciężkiej polegająca na ilościowej przewadze granatu i obecności staurolitu. Wspólną cechą opisanych zespołów jest masowe występowanie łyszczyków i minerałów nieprzeźroczystych.

Wykonane oznaczenia Fe, Ca, Mg, Ti i Mn w roztworze rozpuszczonych w kwasie solnym na gorąco minerałów ciężkich dały wyniki zestawione w tabeli II.

Tabela (Table) II

Zawartość Fe, Ca, Mg, Ti, Mn w roztworze minerałów ciężkich
rozpuszczonych na gorąco w kwasie solnym

Content of Fe, Ca, Mg, Ti, Mn in the solution of heavy minerals in warm Hydrochloric acid

	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO
2. ujście Litworowego Żlebu do potoku Chochołowskiego	62,67 %	19,33 %	14,54 %	0,47 %	0,62 %
3. wylot Dol. Chochołowskiej (Siwa Polana)	15,0 %	41,82 %	30,79 %	0,11 %	0,07 %
5. Dolina Lejowa	14,96 %	28,18 %	19,85 %	0,21 %	—
6. górny odcinek Dol. Kościeliskiej (Hala Smytnia)	20,62 %	23,33 %	19,95 %	0,16 %	0,10
7. wylot Dol. Kościeliskiej (Kiry)	3,33 %	27,08 %	24,30 %	0,06 %	0,13 %
8. Czarny Dunajec	61,71 %	23,53 %	6,68 %	0,57 %	1,55

Objaśnienie jak dla tabeli I. Numbers refer to the explanation of Table I.

Na podstawie otrzymanych danych można sądzić, że wśród minerałów węglanowych mamy do czynienia zarówno z kalcytem, jak i z dolomitem. Z zawartości Mn wynika, że rodochrozyt może występować tylko sporadycznie. Różowe zabarwienie oraz pleochroizm niektórych węglanów według A. G a w ł a (informacja ustna) może być wynikiem przerostów pyłków hematytowych zorientowanych optycznie zgodnie z minerałem węglanowym.

OPIS MINERAŁÓW CIĘŻKICH

Ł y s z c z y k i. Są składnikiem wszystkich opisanych zespołów minerałów ciężkich. Najbardziej rozpowszechnionym wśród nich jest muskowitz. Tworzy duże blaszki znacznej grubości, bezbarwne lub blad-

żółte. Ogólnie jest dobrze zachowany. Niejednokrotnie posiada wrostki cyrkonu. Prawie zawsze towarzyszy mu chloryt, którego blaszki są z reguły odbarwione. Często można obserwować na nich siatkę sagenitową. Wyraźnie daje się zauważyć przechodzenie biotyту w chloryt. Biotyt tworzy blaszki o wiele mniejszych rozmiarów niż pozostałe łyśczyki. Wykazuje objawy wietrzenia w kierunku chlorytyzacji i bauerytyzacji.

A m f i b o l z w y c z a j n y tworzy ziarna połamane, wydłużone, często o budowie pręcikowatej z wyraźnie zaznaczoną łupliwością. Posiada barwę zieloną. Pleochroizm w barwach od zielonej do zielononiebieskiej. Stan zachowania poszczególnych osobników jest na ogół dość dobry. Zwraca uwagę fakt, że w osadach, które odbyły transport wodny (Czarny Dunajec), ziarna amfibolu posiadają mniejsze rozmiary i występują w znacznie mniejszych ilościach, co świadczy o ich słabej odporności na czynniki erozyjne transportu wodnego.

G e d r y t występuje masowo w górnej części Doliny Chochołowskiej. W dolnym biegu potoku Chochołowskiego zawartość jego znacznie maleje, co dowodzi jego nietrwałości. Gedryt tworzy ziarna bezkształtne, płaskie o strukturze włóknistej, niekiedy blaszkowatej. Posiada bardzo liczne wrostki minerałów nieprzeźroczystych.

G r a n a t. Zaobserwowano dwa rodzaje granatu: granat bezbarwny występujący w niewielkich ilościach we wszystkich zespołach opisanych z obszaru Tatr Zachodnich oraz granat masowo występujący w piaskach Czarnego Dunajca w postaci ziarn różowych słabo obtoczonych.

Granat bezbarwny pochodzi z arterytów i żył leukogranitu intrudującego w serię amfibolitów zachodniotatrzańskich. Granat różowy z piasków Czarnego Dunajca należy wiązać ze skałami gnejsowymi Prakarpat, które dostarczały materiału na budowę fliszu podhalańskiego.

C y r k o n tworzy ziarna przeważnie dość drobne, pękate, doskonale obtoczone, przez co utrudnione są szczegółowe obserwacje krystalograficzne. Ziarna wykształcone idiomorficznie pojawiają się bardzo rzadko i są najczęściej kombinacją słupów i piramid o stosunku wydłużenia 2 : 1 lub też rzadziej są pozbawione ścian słupa. Często są to tylko ułamki słupów, a najczęściej są tak doskonale obtoczone, że obserwuje się formy zupełnie okrągłe lub owalne. Nierzadko zaobserwować można zjawisko korozji i obtopienia przez procesy magmatyczne. Ogólnie ziarna cyrkonu są bezbarwne. Są one pospolitym składnikiem wszystkich opisanych zespołów; szczególnie obficie zostały nagromadzone w utworach morenowych na Wyżniej Hali Chochołowskiej.

T u r m a l i n tworzy sporadyczne domieszki w postaci ziarn dobrze obtoczonych lub ułamków słupów o barwie zielonobrunatnej lub brunatnoróżowej. Pleochroizm w barwach od blad różowej do ciemnobrunatnej, a także od bladożółtej do brunatnozielonej.

R u t y l występuje najczęściej w postaci ułamków słupków zwykle dobrze obtoczonych, a niekiedy skorodowanych i jakby powyginanych. Barwa ogólnie żółtobrunatna, rzadziej brunatnoczerwona.

E p i d o t pojawia się zupełnie sporadycznie jako ziarna dość dobrze obtoczone o powierzchni porysowanej z wyraźnie zaznaczoną łupliwością; posiada barwę bladożółtą, a niekiedy także jest bezbarwny.

P i r o k s e n. Ziarna piroksenu są dość dobrze zachowane, wydłużone, ograniczone ścianami łupliwości; barwę wykazują brunatną lub zielonobrunatną.

A n d a l u z y t występuje bardzo rzadko w postaci ziarn dobrze obto-

czonych, bezbarwnych z licznymi wrostkami żelaza. Posiada wyraźny pleochroizm w barwach od bardzo blad różowej do czerwonej.

Staurolit w opisywanych zespołach znany jest jedynie z piasków Czarnego Dunajca, gdzie tworzy ziarna na ogół słabo obtoczone, bezbarwne ze słabym pleochroizmem.

Kasyteryt występuje tylko w aluwiach u wylotu Doliny Kościeliskiej oraz w piaskach Czarnego Dunajca w postaci ziarn bezbarwnych, dużych, słabo obtoczonych, o bardzo wyraźnie urzeźbionej powierzchni.

Apatyt ilościowo podany został tylko w aluwiach kotła polodowcowego znad Doliny Chochołowskiej. Pozostałe utwory zostały przed badaniem oczyszczone w kwasie solnym na gorąco, w wyniku czego apatyt uległ rozpuszczeniu.

Obserwowane ziarna apatytu są dość dobrze obtoczone lub stanowią ułamki słupków. Są bezbarwne, a niekiedy także bardzo bladoniebieskie. Często posiadają drobne pyłkowe wrostki.

WNIOSKI KOŃCOWE

Zwietrzelina piaszczysta w źródłowej części Doliny Chochołowskiej jest rezultatem zarówno współczesnego wietrzenia, jak i dawniejszego związanego z wykształceniem moren polodowcowych. Charakter opisanych zespołów minerałów ciężkich z najmłodszych osadów sieci rzecznej Tatr Zachodnich wskazuje, że współcześnie zachodzące procesy wietrzeniowe w Tatrach Zachodnich dotyczą głównie łupków chlorytowych, amfibolitów mniej lub więcej zgranityzowanych i skał gedrytowych trzonu krystalicznego oraz skał osadowych serii reglowej i wierchowej, przede wszystkim wapieni i dolomitów. Pochodzące z tych skał minerały ciężkie: głównie chloryt, amfibol zwyczajny, gedryt i węglany są mało odporne na czynniki wietrzenia mechanicznego podczas transportu wodnego, o czym świadczy konsekwentny ubytek tych składników w osadach rzecznych na 20-kilometrowym odcinku od źródeł potoku Chochołowskiego po miejscowość Czarny Dunajec. Bogaty zespół minerałów ciężkich w osadach Czarnego Dunajca pochodzi już głównie z utworów fliszu podhalańskiego, za czym przemawia obecność różowego granatu i staurolitu.

Z drugiej strony podkreślić należy, że opisane minerały są również mało odporne na procesy wietrzenia chemicznego. Brak ich w utworach morenowych można tłumaczyć nie tylko jako wynik erozyjnej działalności oscylującego lodowca, ale także tym, że uległy one rozkładowi pod wpływem reakcji chemicznych zachodzących dzięki dużej ilości CO₂ pochodzącego z rozkładu nagromadzonej substancji organicznej. Intensywna erozja lodowcowa atakowała w jednakowym prawie stopniu otaczające granity jak i serie zgranityzowanych skał metamorficznych, długowiekowe zaś działanie formacji roślinnej leśnej i połoninowej doprowadziło do zakwaszenia gleby na morenie oraz do zmian minerałów ciężkich i minerałów glebowych (montmorilonit i illit → kaolinit).

Obecność kaolinitu, cyrkonów i rutyli w utworach morenowych w ilości znacznie większej niż w osadach współcześnie powstających wskazuje, że w okresie działalności lodowca procesy wietrzeniowe przebiegały w sposób bardziej intensywny niż współcześnie i obejmowały także skały granitowe. Doskonały stopień obtoczenia cyrkonów może być częściowo wynikiem erozji lodowcowej, natomiast zjawisko korozji i obtopienia,

a także ich krótkosłupowa postać krystalograficzna są potwierdzeniem opisanych przez A. Gawła (1959b) procesów granityzacji polegających na iniekowaniu magmy alkalicznej w gnejsy i amfibolity.

Zastanawiający jest transport dość odległy minerałów węglanowych (6 km w Dolinie Chochołowskiej, 3 km w Dolinie Lejowej i 5 km w Dolinie Kościeliskiej). Najprawdopodobniej pochodzą one z mało zwięzłych skał dolomitycznych triasu.

*Zakład Mineralogii i Petrografii
Uniwersytetu Jagiellońskiego
Kraków, marzec 1960 r.*

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

1. Gawel A. (1959a), Przewodnik Zjazdu PTG w Tatrach i na Podhalu, Warszawa
2. Gawel A. (1959b), Zagadnienia petrograficzne Trzonu Tatr Zachodnich. *Biul. Inst. Geol.*, 149, Warszawa.
3. Jaskólski St. (1924), O amfibolitach tatrzańskich i ich pochodzeniu. *Bull. inter. Acad. Pol. Sc. Lett. sér. A*, Kraków.
4. Łoziński J. (1957), Porównanie zespołów minerałów ciężkich fliszu podhalańskiego, aalenu fliszowego w pasie skałkowym i egzotyków jurajskich z Bachowic. *Roczn. Pol. Tow. Geol.* t. XXVI, z. 2.
5. Morozewicz J. (1929), Mariupolit i jego krewniaki. *Pr. PIG t. II*, Warszawa.
6. Tokarski J. i Oberc A. (1952), Z petrografii eocenu Tatr, *Roczn. Pol. Tow. Geol.*, t. XXI, z. 4, Kraków.
7. Turnau-Morawska M. (1947), Permotrias lądowy Tatr i jego stosunek do trzonu krystalicznego. *Ann. UMCS B. II*, Lublin.
8. Turnau-Morawska M. (1953), Kajper tatrzański jego petrografia i sedymentologia. *Acta geol. pol.*, vol. III/1, Warszawa.
9. Turnau-Morawska M. (1955), Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych, *Acta Geol. pol.*, vol. V/3, Warszawa.
10. Turnau-Morawska M. (1959), Przewodnik Zjazdu PTG w Tatrach i na Podhalu, Warszawa.
11. Zerndt J. (1927), Mikroskopowe cyrkony jako minerały przewodnie. *Spraw. PAU*, t. XXXI, nr 6, Kraków.
12. Pawlica W. (1915), O gedrycie w Tatrach. *Bull. inter. Acad. Pol. Sc. Lett. sér. A*, Kraków.

SUMMARY

Abstract: The analysis of heavy minerals in Recent fluvial sediments of the uppermost course of the Czarny Dunajec river, and of some of its tributaries, was carried out in order to establish the relation between the heavy minerals assemblages and the bed-rock. The investigations described proved that recent weathering of the crystalline rocks of the Tatra Mts affects chiefly the crystalline schist more or less granitised. Carbonate minerals resisting to a comparatively long transportation are yielded to the fluvial sediments by sedimentary rocks of the Tatra Mts. The heavy minerals assemblage found in Pleistocene moraines indicate a strong weathering of granites.

The investigations of heavy minerals of Recent fluvial sediments and of Pleistocene moraines of the Western Tatra Mts, initiated by Professor Dr A. G a w e ł, were carried out in order to provide a characteristics of the heavy minerals assemblages of the bed-rocks, and to collect data on both petrogenetic processes and weathering.

The studied samples were collected in the streams of the Kościeliska Valley, Lejowa Valey and Chochołowska Valley. A sample taken from a Pleistocene moraine at the Wyznia Chochołowska Valley was studied in order to obtain a picture of the weathering processes in glacial climate. Fluvial sands of the Czarny Dunajec river were also sampled at the Czarny Dunajec village, some 20 km north of the Tatra Mts, in order to characterise the influence of transport on the heavy minerals assemblage. Sands formed by direct weathering of the bed-rock were sampled at Morskie Oko and in the glacial cirque in the Goryczkowa Valley. The location of the samples is presented on Fig. 1. The quantitative composition of the heavy minerals assemblages was calculated and presented graphically on Fig. 2 and numerically in Table 1. (Polish text p. 110).

The products of weathering of the bed-rock sampled in the glacial cirque in the uppermost part of the Chochołowska Valley near the source of the stream are characterised by a predominance of biotite and amphibole (the opaque minerals are not taken into account). Chlorite, muscovite and apatite are present in small quantities, while garnet, epidote, gedrite and tourmaline are forming admixtures (Fig. 2, diagram 1). This assemblage indicates that the weathered rock material is derived chiefly from the chlorite shists forming the slopes of the main ridge of the Western Tatra Mts, and from the granitised amphibolites of Rakoń and Długi Uplaz. The occurrence of pink garnet is related, according to A. G a w e ł (1959b), to the weathering of the arterites of white granite from the Wołowiec. The zircons are represented almost exclusively by short, broken grains perfectly rounded and corroded. According to A. G a w e ł (1959) the zircons of the amphibolites of the Western Tatra Mts were corroded by the granitising solutions related with the pneumatolitic magma rich in Na and K.

Gedrite is predominating in the heavy minerals assemblage about 3 kilometres lower in the Chochołowska Valley. Zircon and muscovite are present in larger quantities than in the first sample, while biotite, chlorite, rutile, garnet and epidote are present in small quantities (Fig. 2, diagram 2). The abundant occurrence of gedrite is related with the weathering of gedritic rocks. Gedrite was found in the Tatra Mts by W. P a w l i c a (1915) in loose blocks of gedritic gneiss on the southern slope of the Giewont, and gedritic amphibolites were found „in situ” in the Western Tatra Mts by A. G a w e ł (1959a).

Carbonate minerals are abundant among the heavy minerals at the mouth of the Chochołowska Valley¹. They are accompanied by gedrite, muscovite, and ordinary amphibole known from the higher course of the valley. Biotite, chlorite, garnet, zircon and pyroxene are present in small quantities (Fig. 2, diagram 3). The occurrence of carbonate minerals indi-

¹ Samples treated with warm hydrochloric acid were used for computations of the percentage of various minerals (Table I, Polish text p. 110 and Fig. 2) and therefore the content of carbonate minerals and apatite is not shown in Table I and in the diagrams in Fig 2.

cate, that the limestones and dolomites, forming steep slopes in the lower course of the Chochołowska Valley, are the principal source of the alluvial material present here in the stream bed.

The heavy minerals assemblage present in the moraine material at the Wyznia Hala Chochołowska is composed chiefly of zircon, ilmenite and rutile, while muscovite, chlorite, ordinary amphibole, garnet, gedrite, and tourmaline are present in small quantities (Fig. 2 diagram 4). A high content of zircon is the most characteristic feature of this assemblage.

Non-elongated grains, perfectly rounded and almost spherical are predominating among the zircons. Elongated grains, with the length: width ratio not exceeding the value 2:1, and also rounded, are less frequent. Idiomorphic grains are very rare. The high roundness of the zircon grains from Ornak was noted already by J. Z e r n d t (1927).

The thermal differential analysis of the clayey material of the sampled moraine carried out by mgr W. Heflik indicate the presence of a large amount of kaolinite with a small admixture of montmorillonite, and a high content of organic matter. It is assumed therefore that the material of the moraine is the product of sialic weathering, probably chiefly of granitic rocks, in a moderate climate and in a rather acid environment.

The alluvial sediments in the Lejowa Valley contain a heavy minerals assemblage consisting chiefly of opaque minerals and of carbonates. Muscovite, ordinary amphibole, zircon, tourmaline rutile, pyroxene, apatite and andalusite are occasionally present. (Fig. 2, diagram 5). The mass occurrence of carbonate minerals results from the fact, that the whole Lejowa Valley is developed in limestones and dolomites of the sub-Tatric series.

The alluvial sediments in the upper course of the Kościeliska Valley (at Hala Smytnia) contain an assemblage of heavy minerals characterised by the predominance of opaque minerals, carbonates, muscovite and common amphibole. Biotite, chlorite, gedrite, garnet, zircon, rutile and cassiterite are forming occasional admixtures (Fig. 2, diagram 6). This assemblage indicates that igneous, metamorphic and sedimentary rocks are contributing weathered material to the Recent alluvial sediments.

At Kiry, at the mouth of the Kościeliska valley, the heavy minerals assemblage is composed both of heavy minerals known from the higher course of the valley, and of minerals derived from the carbonate rocks cropping out on the slopes of the Kościeliska Valley in its lower course (Fig. 2, diagram 7).

The Recent sand of the Czarny Dunajec river, sampled at Czarny Dunajec situated about 20 kilometres north of the mouths of the valleys of the Western Tatra Mts, contain a heavy minerals assemblage characterised by the predominance of garnet. Carbonate minerals and common amphibole occur in smaller quantities. The presence of staurolite which was not stated in the Recent alluvial sediments of the Tatra Mts, indicate, that this mineral is yielded by the rocks of the Podhale Flysch. Nearly all the gedrites, and a large part of carbonates and common amphiboles are eliminated during transportation of the sediment on the distance of 20 kilometres (Fig. 2, diagram 8).

The analysis of heavy minerals of the direct products of weathering, sampled in the glacial cirques of Morskie Oko and Goryczkowa Valley, carried out for comparison with the alluvial sediments indicated the pre-

sence of heavy minerals assemblages similar to the assemblage stated in the glacial cirque in the uppermost part of the Chochołowska Valley.

The character of the heavy minerals assemblages of the Recent alluvial sediments of the Tatra Mts indicate, that the recent weathering affects principally the chlorite schists, amphibolites more or less granitised and the gedritic rocks of the crystalline core of the Tatra Mts, as well as the sedimentary rocks of the high-Tatric and sub-Tatric series, chiefly the limestones and dolomites. The heavy minerals derived from these rocks are not resistant to the mechanical wearing during transportation, as it is indicated by the decrease of their quantity on the distance of 20 kilometres between the source of the Chochołowska stream and Czarny Dunajec. On the other hand, the described heavy minerals are also non-resistant to chemical weathering. The small content of these minerals in the glacial sediments has to be explained not only by the glacial wearing, but also by chemical weathering accelerated by the presence of a large amount of CO₂ produced by the decomposition of the organic material. The intensive glacial erosion attacked both the granites and the granitised metamorphic rocks. The long action of a dense plant cover consisting both of forests and alps caused the formation of an acid soil on the moraine and accelerated the weathering of heavy minerals and soil minerals (montmorillonite and illite were transformed into kaolinite).

The presence of larger quantities of kaolinite, zircon and rutile in the moraine material than in the Recent alluvial sediments indicate that weathering was more intensive during the Pleistocene glaciations and that it affected chiefly the granites. The perfect roundness of the zircon grains can be partly attributed to glacial wearing, while the traces of corrosion and melting are the result of granitisation processes described by A. Gawel (1955 b).

It should be noted, that the carbonate minerals are transported on comparatively large distances 6 km in the Chochołowska Valley, 3 km in the Lejowa Valley and 5 km in the Kościeliska Valley. These minerals are yielded probably to the Recent sediments by the dolomites of Triassic age.

*Department of Mineralogy and Petrography
Jagellonian University of Cracow
March, 1960*