

JAN ŁOZIŃSKI

Minerały ciężkie piaskowców aalenu fliszowego w pienińskim pasie skałkowym

TREŚĆ: Wstęp — Lokalizacja prób — Metoda badań — Opis minerałów ciężkich — Wyniki badań i porównania — Literatura cytowana

WSTĘP

Literatura geologiczna i petrograficzna, dotycząca fliszu karpackiego, obejmuje stosunkowo niewiele publikacji, w których autorowie zajmują się sprawą występowania minerałów ciężkich. Nie były zwłaszcza dotychczas badane minerały ciężkie fliszu Karpat wewnętrznych.

Notatka niniejsza o minerałach ciężkich piaskowców aalenu fliszowego serii braniskiej w Pieninach jest częścią szerszej zakrojonego opracowania całego profilu Karpat wewnętrznych, obejmującego wszystkie jego serie począwszy od aalenu aż do fliszu podhalańskiego. Opracowanie to ma na celu określenie charakterystycznych zespołów mineralnych, które by mogły stanowić jedną z przesłanek przy rozwiązywaniu zagadnienia genezy materiału klastycznego skał we fliszu karpackim. Dalszym jego celem byłoby zdobycie kryteriów umożliwiających przeprowadzenie korelacji serii osadów fliszu Karpat wewnętrznych na podstawie minerałów ciężkich.

Dotychczasowe badania petrograficzne fliszu Karpat zewnętrznych dowiodły, że zespoły występujących w nim minerałów ciężkich są dość ubogie. Obejmują one przeważnie tylko minerały najbardziej trwałe jak cyrkon, rutyl, turmalin, staurolit i granat, które występują stale, choć w zmiennych stosunkach ilościowych; niekiedy towarzyszą im mniej rozpowszechnione: epidot, dysten i anataz. Z minerałów mniej trwałych, takich jak amfibole i pirokseny, St. Jaskólski (7, 8) * stwierdził jedynie zwyczajny zielony amfibol w piaskowcu krośnieńskim, hornblendę bazaltową w osadach kredowych i eoceńskich spod Rymanowa oraz ślady augitu

* Liczby *kursywą* w nawiasach odnoszą się do spisu literatury na końcu artykułu.

i enstatytu w piaskowcach ciężkowickich. Korelacja skał fliszu karpackiego na podstawie minerałów ciężkich nie jest więc łatwa i, jak dowodzą St. Jaskólski (8), a zwłaszcza J. Tokarski (12, 13) i A. Oberc (11), nie może się ona opierać na obecności minerałów charakterystycznych, których brak, winna jedynie korzystać z dokładnego określenia stosunku ilościowego, w jakim poszczególne gatunki minerałów występują w zespole. Wspomniani autorowie stwierdzają brak występowania wyraźnych minerałów przewodnich. Ponadto prace J. Tokarskiego (13) i A. Oberca (l. c.) wskazują na możliwość zastosowania minerałów ciężkich jako wskaźników stratygraficznych w formacjach roponośnych.

Pragnę na tym miejscu podziękować mgr. inż. K. Birkenmajerowi za dostarczenie próbek piaskowców aalenu fliszowego, profesorowi zaś dr. A. Gawłowi — za cenne wskazówki i przedyskutowanie wyników pracy.

Prace moje były finansowane przez Pracownię Geologiczno-Stratygraficzną Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

LOKALIZACJA PRÓB

Do studiów nad minerałami ciężkimi posłużyło mi dwanaście próbek skał aalenu fliszowego serii braniskiej¹ pienińskiego pasa skałkowego, zebranych przez K. Birkenmajera w okolicach Czorsztyna, Szczawnicy i Jaworek w powiecie nowotarskim.

Z odkrywki na prawym brzegu potoku płynącego na zachód od zamku czorsztyńskiego przy szosie (profil 25, 7,9-9,35 m, KB²) pochodzą dwie próbki: piaskowiec żółtawo-szary, gruboziarnisty, sypki (nr 1) oraz piaskowiec szary z bardzo słabo zaznaczoną laminacją (nr 2). Z rowu poszukiwawczego, wykonanego między zachodnim szczytem góry Jarmuta koło Szczawnicy a Małą Jarmutą (profil Siodło 56/A, profil 5a, KB), pobrano próbkę piaskowca szarego, drobnoziarnistego, bez laminacji (nr 3).

Pozostałe próbki pobrano w okolicach Szlachtowej i Jaworek. Z profilu na prawym brzegu potoku Grajcarek, naprzeciwko ujścia Potoku Pałkowskiego w Szlachtowej, koło starego młyna (profil 11, KB), pobrano próbkę ciemnoszarego łupku ilastego z dużą domieszką mułku kwarcowego (nr 4) i piaskowca szarego z wyraźną laminacją (nr 5).

W potoku Grajcarek przy ujściu potoku Krupianka pobrano próbkę (nr 6) piaskowca szarego z wyraźną laminacją. Próbka nr 7 (ciemny pia-

¹ Seria braniska została wyróżniona niedawno przez K. Birkenmajera (1). Kompleks fliszowy tej serii, odpowiadający prawdopodobnie niższej części aalenu, w pracach L. Horwitza znany był pod nazwą „doggeru fliszowego“ (5), poprzednio także — „czarnej kredy“ (6).

² Numeracja profili według K. Birkenmajera (1), przytaczana tu ze znakiem KB.

skowiec bez laminacji) pobrana została w łożysku potoku Grajcarek powyżej ujścia Starego Potoku w Jaworkach, próbka nr 8 (szary, sypki piaskowiec) — na lewym brzegu potoku Grajcarek poniżej kościoła w Jaworkach, przy kontakcie z serią czorsztyńską. Próbka nr 9 pochodzi z potoku Grajcarek przy ujściu Starego Potoku (piaskowiec jasnoszary z wyraźną laminacją), próbkę nr 10 pobrano u ujścia potoku Krupianka pod mostem drogowym (szary piaskowiec z wyraźną laminacją), próbkę nr 11 odbito z ławicy ciemnoszarego piaskowca z bardzo wyraźną laminacją w potoku Sztolnia w Jaworkach pod mostem drogowym i wreszcie próbka nr 12 (szary, zwięzły piaskowiec bez laminacji) pochodzi z ujścia potoku Czarna Woda w Jaworkach.

METODA BADAŃ

Próbki wagi ok. 200 g rozdrobniono sposobami powszechnie stosowanymi przy pomocy kwasu solnego oraz soli glauberskiej. Zauważyć należy, że piaskowce o silnej laminacji są znacznie bardziej odporne na działanie soli glauberskiej i wymagają wielokrotnego jej stosowania. Z piasku uprzednio oczyszczonego z tlenków żelaza i substancji pelitowych wydzieliłem przy użyciu sit frakcję ziarn wielkości w granicach 0,02-0,33 mm, z której następnie wyodrębniłem w lejkach rozdzielczych Harady koncentrat minerałów ciężkich stosując bromoform. Minerały ciężkie oznaczałem w stałych preparatach nieszlifowanych, sporządzonych przy użyciu balsamu kanadyjskiego. W trudniejszych przypadkach stosowałem metodę zaleconą przez Denayera i Goniau (2) zużytkowując pozostałą część koncentratów. Polega ona na stosowaniu kolejno kilku cieczy ciężkich (bromoform, jodek metylenu i ciecz Clericiego) oraz w następstwie — kilku cieczy immersyjnych. Dokładnie opracowane przez tych autorów tablice minerałów pozwalają na szybkie ich oznaczenie. Ilościowy stosunek poszczególnych minerałów określiłem licząc przeciętnie 200-300 ziarn w każdym preparacie. Wyniki wyraziłem następnie w procentach w stosunku do ogólnej liczby ziarn przeliczonych. Ten sposób postępowania był w wielu pracach przedmiotem dyskusji. Błędy, jakie według A. L. Drydena (3) popełnia się przy przeliczaniu około 300 ziarn, mieszczą się jednakże w granicach, które nie wpływają na wynik, jeśli liczby procentów, zwłaszcza procentów minerałów rzadszych, będziemy uważać raczej za liczby orientacyjne.

OPIS MINERAŁÓW CIĘŻKICH

W badanych piaskowcach aalenu fliszowego znalazłem następujące minerały ciężkie: granat, cyrkon, turmalin, oraz grupę „minerałów nieprzejrzystych“, obejmującą ilmenit, magnetyt, getyt i piryt. Ponadto

w niektórych próbkach występowały: rutyl, staurolit, anataz, dysten, biotyt, chloryt i baryt.

Granat. — Ziarna kształtów nieregularnych, izotropowe, bezbarwne lub barwy bladioróżowej, rzadziej bladożółto-pomarańczowej. Współczynnik załamania światła wyższy niż 1,74 (jodek metylenu). Widoczne są w niektórych ziarnach wrostki rud. Granat występuje we wszystkich próbkach piaskowców w ilości od 16% do 44% w stosunku do całkowitej ilości minerałów ciężkich.

Cyrkon. — Ziarna najczęściej euhedralne z wyraźnie wykształconymi ścianami słupa oraz bipiramidy tetragonalnej (czy też dytetragonalnej), bezbarwne lub żółtawe. Zdarzają się zrzadka ziarna ciemne z odcieniem brunatno-fioletowym. Również rzadko występują ziarna o budowie pasowej. Spotyka się ponadto mniej liczne ziarna obtoczone, które rozpoznać można po wysokim współczynniku załamania światła, dużej dwójłomności oraz dodatnim znaku optycznym wydłużenia. Stopień wydłużenia ziarn jest różny — przeciętnie wynosi 2-3.

Turmalin. — Występuje w postaci ziarn pryzmatycznych, okruchów słupków lub też nieregularnych ziarn. Prawie wszystkie ziarna należą do odmiany brunatnej i, zależnie od grubości oraz orientacji, wykazują pleochroizm:

ε — jasnożółto-brunatny ε — żółtawy (prawie bezbarwny)
 ω — ciemnobrunatny lub ω — brunatny.

Do rzadkości należy turmalin niebieski o pleochroizmie:

ε — jasnoszaro-niebieski, ω — niebieski.

Odmiana ta występuje tylko w śladach w próbkach nr 6 i 11. Ponadto w próbce nr 11 znalazłem dwa ziarna o pleochroizmie

ε — różowo-szary ω — czarny.

Turmalin występuje we wszystkich próbkach piaskowców w ilości od 3% do 13% frakcji ciężkiej.

Staurolit. — Tworzy ziarna o kształtach nieregularnych barwy żółto-pomarańczowej i o charakterystycznym pleochroizmie. Współczynnik załamania światła wysoki; dwójłomność średnia. Występuje jednakowoż nie we wszystkich próbkach w ilości do 4% frakcji ciężkiej.

Rutyl. — Ziarna przeważnie kształtów nieregularnych, rzadko euhedralne, barwy czerwono-brunatnej lub miodowo-żółto-brunatnej o bardzo wysokim współczynniku załamania światła. Niektóre ziarna wykazują bardzo słaby pleochroizm. Występuje on nie we wszystkich próbkach. Jego ilość dochodzi do 5% całej frakcji ciężkiej.

Anataz. — Najczęściej występuje w postaci czworokątnych tabliczek barwy żółto-szarej albo też w postaci ziarn o konturach nieregularnych,

w których często można wyróżnić ściany (111). W ziarnach tych dobrze dostrzegalne są szczeliny łupliwości według (001). Współczynnik załamania światła bardzo wysoki. Ziarna czworokątne dają łatwo obraz konoskopowy kryształu jednoosiowego, ujemnego. Występuje w kilku próbkach w ilości do 3% frakcji ciężkiej.

Biotyt. — Tworzy blaszki ciemnoczerwono-brunatne, prawie izotropowe optycznie, które dają obraz konoskopowy kryształu optycznie prawie jednoosiowego, ujemnego; pleochroizmu w tym przekroju nie wykazuje. Bardzo często widoczne są nieregularne czarne wrostki rud³.

Chloryt. — Obecny w postaci izotropowych blaszek o barwie od blade do ciemnozielonej; pleochroizmu nie wykazuje. Prawie zawsze ma nieregularne czarne wrostki rud. Występuje w niektórych tylko próbkach w ilości do 2% frakcji ciężkiej.

Dysten. — Znalazłem tylko w próbce nr 12 trzy ziarna bezbarwne nieregularnych kształtów, nieco wydłużone, z dostrzegalnymi szczelinami łupliwości. Znikanie światła ukośne, kąt znikania około 30°.

Baryt. — Ziarna bezbarwne lub żółtawe o zarysie rombowym. Mają one najczęściej postać tabliczek spłaszczonych według łupliwości doskonałej (001) i ograniczonych płaszczyznami łupliwości (110), które tworzą między sobą kąt około 101°. Dwójłomność słaba. Baryt stanowi jedyny, obok minerałów nieprzejrzystych, składnik frakcji ciężkiej wydzielonej z próbki łupku ilastego (nr 4). Występuje on ponadto w próbkach nr 6, 9, 12. W próbce nr 12 obserwować można budowę pasową ziarn barytu o opisanej powyżej formie.

WYNIKI BADAŃ I PORÓWNIANIA

Umieszczone w tab. 1 (str. 20) dane dotyczące próbek nr 5 i nr 10, w których niemal całą frakcję ciężką stanowią minerały nieprzejrzyste, uzyskano przez zbadanie całej tej frakcji i odnotowanie każdego oznaczalnego ziarna mineralnego. W rezultacie w próbce nr 5 przeliczono 30 ziarn, w próbce nr 10 — 50 ziarn. Przepuszczalny błąd obliczony dla tych próbek według wzoru Drydena (3) pozostaje w takich granicach, że liczby podane mogą mieć tylko znaczenie orientacyjne.

Poniższe zestawienie poszczególnych próbek wskazuje, że zespół minerałów: granat, cyrkon, turmalin należało by uważać za charakterystyczny dla wszystkich piaskowców aalenu fliszowego. Według informacji K. Birkenmajera określenie wzajemnego stosunku stratygraficznego

³ Według informacji K. Birkenmajera biotyt jest pospolitym składnikiem aalenu fliszowego; zwłaszcza w ławicach piaskowców łupkowych i łupków piaszczystych. Ponieważ jego ilości są w badanych próbkach przypadkowe (zależą od pozycji próbki w ławicy), w zebraniu wyników na tabeli 1 i 2 biotyt nie był trwzględniany.

Tabela 1

Minerał	N u m e r y p r ó b e k											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Minerały nieprzejrzyste	25	48	76	++		50	46	36	48		71	26
Cyrkon	12	21	14	—	19	7	6	15	7	16	7	17
Rutyl	5	3	2	—	4	1	1	1	—	—	1	5
Turmalin	7	3	3	—	19	6	4	7	14	21	4	7
Granat	44	21	4	—	47	31	41	39	28	54	16	36
Staurolit	4	1	—	—	4	1	1	1	—	—	—	5
Dysten	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Chloryt	—	—	—	—	—	2	1	—	2	9	—	1
Anataz	3	1	1	—	7	—	—	1	—	—	1	ślady
Baryt	—	—	—	++	—	2	—	—	1	—	—	2

próbek nie jest możliwe z uwagi na bardzo silne tektoniczne zaangażowanie serii braniskiej i monotonię rozwoju aalenu fliszowego. Traktując wszystkie próbki równorzędnie nie popełnimy tutaj większego błędu również i dlatego, że wszystkie one należą do niższego aalenu. Biorąc średnią badanych próbek należałoby jeszcze uzupełnić zespół cytowany minerałami: rutyl, staurolit i biotyt⁴. Zespół ten cechuje duża przewaga granatu nad turmalinem oraz brak minerałów takich jak epidot, pirokseny i amphibole. Jedyny spośród badanych okazów łupek ilasty (nr 4) zawiera w swej frakcji ciężkiej wyłącznie piryty i baryty, które jako minerały autigeniczne są bez znaczenia dla porównań korelacyjnych.

Celem umożliwienia porównania składu mineralnego frakcji ciężkich we wszystkich próbkach sporządziłem ich zestawienie z pominięciem minerałów nieprzejrzystych (tabela 2). Wyłączyłem przytem także próbkę nr 4 jako składającą się jedynie z piryty i barytu.

Tabela 2

Minerał	N u m e r y p r ó b e k											
	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	średnio
Cyrkon	16	40	58	19	14	11	23	13	16	24	23	23
Rutyl	7	6	8	4	2	2	2	—	—	4	7	4
Turmalin	9	6	13	19	12	7	11	27	21	14	9	13
Granat	59	44	17	47	62	76	61	54	54	55	49	52
Staurolit	5	2	—	4	2	2	—	—	—	—	6	2
Dysten	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ślady
Chloryt	—	—	—	—	4	2	—	4	9	—	2	2
Anataz	4	2	4	7	—	—	1	—	—	3	ślady	2
Baryt	—	—	—	—	4	—	—	2	—	—	3	1

⁴ Por. uwaga w notce 3.

Wyniki tych badań zostały ponadto wyrażone na wykresie, w którym rzędne naniesionych punktów wyrażają ilości procentowe minerałów zestawionych na osi odciętych. Liczby obok punktów oznaczają numery próbek. Punkty wyrażające średnią ilość poszczególnych minerałów dla większej wyrazistości wykresu połączone zostały linią (fig. 1).

Porównując wyniki niniejszej pracy z rezultatami badania innych rejonów fliszu karpackiego można stwierdzić, że flisz ten na ogół odzna-

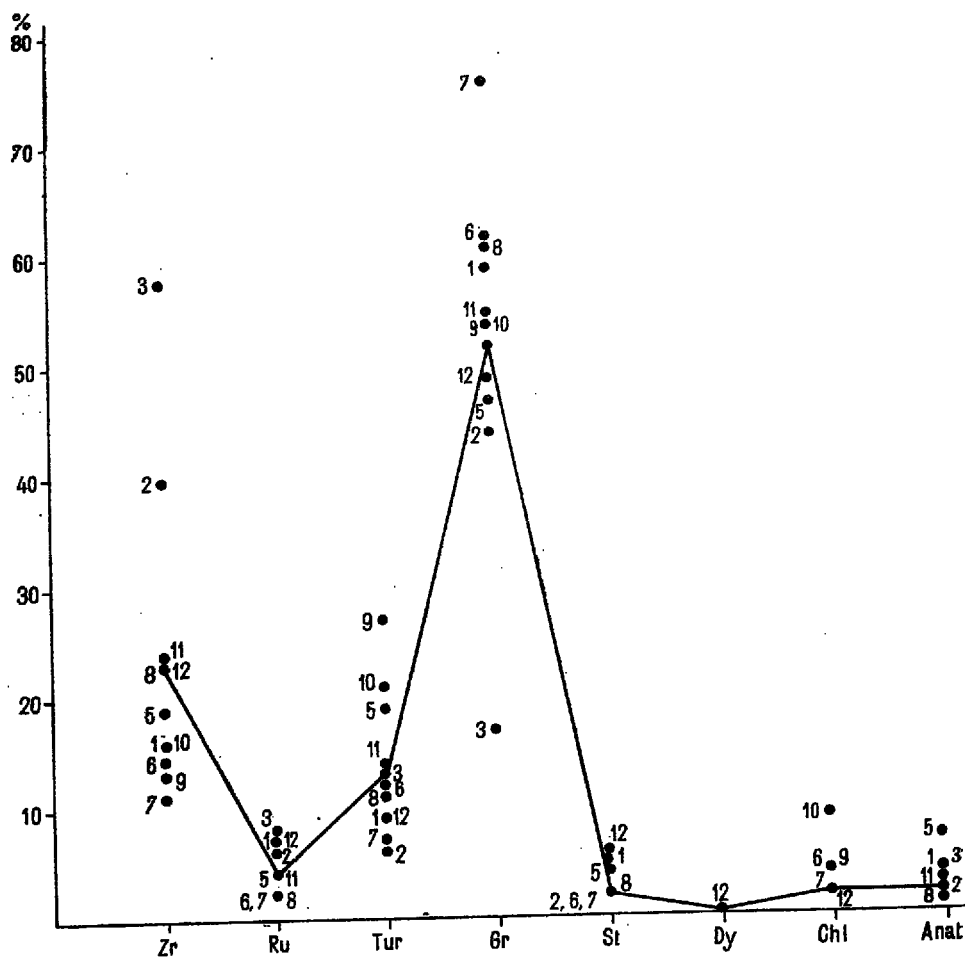


Fig. 1

Wykres częstotliwości występowania minerałów w ciężkich koncentratkach piaskowców aalenu fliszowego w pienińskim pasie skałkowym
 Oś rzędnych = ilość minerału w %; oś odciętych = minerały: Zr cynkon, Ru rutil, Tur turmalin, Gr granat, St staurolit, Dy dysten, Chl chloryt, Anat anataz
 Liczby przy czarnych kropkach oznaczają numery próbek

cza się występowaniem ubogich stosunkowo zespołów minerałów ciężkich. St. Małkowski (9) w swych badaniach fliszu magurskiego i „fliszu granicznego“ w okolicach Krościenka zwrócił uwagę na stosunek występowania granatu do turmalinu. Flisz magurski charakteryzuje przewaga granatu nad turmalinem, we fliszu zaś „granicznym“ stosunek występowania tych minerałów jest odwrotny. Przewaga granatu nad turmalinem obserwowana w aalenie fliszowym zaznacza się również w piaskowcach krośnieńskich, dla których według J. Tokarskiego (13) i A. Oberca (11) występowanie dużych ilości granatu jest cechą charakterystyczną.

Brak amfibolu i piroksenu może świadczyć albo o braku ich w skałach, które dostarczyły materiału klastycznego, albo też o erozji w warunkach silnego wietrzenia chemicznego, jakie zachodzi w klimacie gorącym i wilgotnym.

Zespół minerałów: granat, cyrkon, rutil, turmalin i staurolit pozwala na przeprowadzenie charakterystyki skał czy prowincji petrograficznej erodowanej bazy. Wskazuje on na to, że materiał klastyczny może pochodzić z erozji strefy skał obejmującej injekcje granitowe w hupkach krystalicznych. Nie jest wyłączone, że materiał ten mógł przejść przez kilka cykli sedimentacyjnych, co byłoby wytłumaczeniem obecności najodporniejszych tylko minerałów ciężkich, i to przede wszystkim we frakcjach najdrobniejszych.

*Zakład Geochemii
Akademii Górniczo-Hutniczej
w Krakowie*

LITERATURA CYTOWANA

1. BIRKENMAJER K. Preliminary revision of the Pieniny Klippen-belt series in Poland. — Bull. Acad. Sci. Warsaw, Cl. III, vol. I, No. 6. 1953.
2. DENAYER M. E. & GONIAU M. Méthode optique de détermination et tableaux des minéraux transparents ou opaques des concentrés des sables d'alluvions. — Ann. Soc. Géol. Belgique, t. 60, No. 8, p. 266-296.
3. DRYDEN A. L. Accuracy in percentage representation of heavy mineral frequencies. — Proc. Nat. Acad. Sci. vol. 17, p. 233-238.
4. DUPLAIX S. Détermination microscopique des minéraux des sables. Paris 1948.
5. HORWITZ L. Sprawozdanie z badań geologicznych wykonanych w r. 1932, a związanych z rewizją ark. Nowy Targ i Szczawnica (C.-R. des recherches géologiques faites en 1932 pour la révision des feuilles de Nowy Targ et Szczawnica de l'Atlas géologique de Galicie). — Pos. Nauk. P. I. G. Nr 35. 1933.
6. HORWITZ L. & RABOWSKI F. Przewodnik wycieczki Pol. Tow. Geol. w Pieniny (Excursion dans les Piénines de la Soc. Géol. de Pologne). — Roczn. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.) t. VI. Kraków 1929.

7. JASKÓLSKI ST. Materiały do geologii i petrografii fliszu karpackiego okolic Rymanowa (Contribution to the geology and petrography of the Carpathian Flysch in the vicinity of Rymanów). — Spraw. P. I. G. (C.-R. Serv. Géol. Pol.), t. VI. Warszawa 1931.
 8. JASKÓLSKI ST. Wstęp do charakterystyki petrograficznej niektórych seryj ropnych polskich Karpat fliszowych (Einführung in die petrographische Charakteristik gewisser ölführender Schichtenfolgen der polnischen Flyschkarpaten). — Biul. P. I. G. (Bull. Serv. Géol. Pol.) No. 23. 1939.
 9. MAŁKOWSKI ST. Sprawozdanie z badań fliszu magórskiego i fliszu granicznego w okolicy Krościenka nad Dunajcem (Compte rendu des explorations géologiques du Flysch des environs de Krościenko sur le Dunajec). — Spraw. P. I. G. (C.-R. Serv. Géol. Pol.), t. II. 1923.
 10. MILNER H. B. Sedimentary petrography. Ed. Murby, London 1940.
 11. OBERC A. Stratygrafia warstw krośnieńskich na podstawie ciężkich minerałów. — Spraw. P. A. U. t. 48, nr 6, s. 233. Kraków 1947.
 12. TOKARSKI J. On the origin of the so-called „bentonite“ from Podole and Wołyń (Geneza bentonitu podolsko-wołyńskiego). — Bull. Acad. Pol. Sci. Lettr. S. A. Kraków 1947.
 13. TOKARSKI J. Ciężkie minerały jako wskaźniki stratygraficzne serii fliszowych. — Spraw. P. A. U. t. 48, nr 6, s. 230. Kraków 1947.
-

Я. ЛОЗИНСКИ

**ТЯЖЕЛЫЕ МИНЕРАЛЫ В ПЕСЧАНИКАХ ФЛИШЕВОГО ААЛЕНА
В КЛИПОВОМ ПОЯСЕ ПЕНИН**

(Резюме)

Из песчаников флишевого аалена браниской серии¹ пенинского клипового пояса, которых образцы собрал К. Бирненмайер в окрестностях Чорштына, Щапицы и Яворек Новотаргского уезда (Польша), автором взято 12 образцов (в том 11 образцов песчаников и 1 образец глинистого сланца со значительной примесью кварцевой пыли). После раздробления и очистки в распределительных воронках Гарада концентрат был выделен при применении бромформа.

В исследованных песчаниках флишевого аалена автор нашёл следующие тяжелые минералы: гранат, циркон, турмалин и группу непрозрачных минералов, как ильменит, магнетит, гетит и пирит. Кроме того в некоторых образцах найдены: рутил, ставролит, анатаз, дистен, биотит, хлорит и барит. Результаты показаны на табели 1 (20 стр. польского текста). На табели 2 (стр. 20) дано сопоставление минерального состава тяжелых фракций для всех образцов, исключая непрозрачные минералы. Таким образом состав минералов: гранат, циркон, турмалин, рутил, ставролит и биотит надо считать типичным для флишевого аалена, где значительно преобладает гранат над турмалином и видно отсутствие эпидота, пироксенов и амфиблей. Из перечисленного выше состава минералов видно, что властический материал мог проходить через несколько седиментационных циклов, на что указывает наличие самых устойчивых тяжелых минералов, притом в мельчайших фракциях.

¹ выделенной К. Бирненмайером.

J. LOZIŃSKI

**HEAVY MINERALS IN FLYSCH AALENIAN SANDSTONES
FROM THE PIENINY KLIPPEN-BELT**

(Summary)

ABSTRACT: Heavy minerals in sandstones from the Pieniny Mts. Flysch Aalenian have been separated and identified. A key mineral assemblage of the Aalenian consisting of garnet, zircon, rutile, tourmaline and staurolite was recognized. The absence was confirmed of minerals from the amphibole and pyroxene groups.

Heavy mineral studies were made on twelve rock samples, eleven of which had been separated from sandstones and a single one from argillaceous shale carrying an important amount of quartzite mudstone. All those specimens had been collected by K. Birkenmajer (1)* from the Branisko series¹ of the Flysch Aalenian in the vicinity of Czorsztyn, Szczawnica and Jaworki (district of Nowy Targ).

Samples weighing in all 200 grams were macerated in hydrochloric acid and Glauber salt. The sand material was first freed of iron oxides and pelitic substances and subsequently screened through sieves to obtain a grain fraction ranging from 0.02 to 0.33 mm. in size; a heavy mineral concentrate was then separated in bromoform by using Harada's separatory funnels. The heavy minerals were identified permanently mounted in Canada balsam without polishing. Their quantitative ratio was determined by the count of from two to three hundred grains in each sample. The results of the counts were then expressed in per cent figures of the total number of counted grains.

The presence was ascertained of following heavy minerals: garnet, zircon, tourmaline, and a group of „opaque minerals“ including ilmenite, magnetite, goethite and pyrite. In addition to these, rutile, staurolite, anatase, disthène (kyanite), biotite, chlorite and barite were found in some samples.

Garnet. — Grains are irregular, isotropic, colourless or of a pale pink tint, less frequently yellow-orange. Refractive index exceeds that of methylene iodide (1.74). Ore inclusions discernible in some grains.

* Figures *in italics* in brackets refer to the literature quoted in the Polish text.

¹ The Branisko series has but quite recently been determined by K. Birkenmajer (l. c.). The Flysch member of that series, probably equivalent to the lower Aalenian, was described as „Dogger Flysch“ by L. Horwitz (5) and as „black Cretaceous“ in earlier publications.

CONSPECTUS

Zircon. — Grains most commonly euhedral, distinctly prismatic and tetragonally or ditetragonally bi-pyramidal, colourless or yellowish. Dark grains with a purplish-brown hue are of rare occurrence. Zoning of grains is also unfrequent. Well rounded grains are not numerous, identifiable by their refractive index and positive optical elongation sign. Range of grain elongation varies, averaging from 2 to 3.

Tourmaline. — It occurs as prismatic grains, minute fragments of prisms or as irregular grains. Practically all the grains belong to the brown variety. They display pleochroism dependent on thickness and orientation: ϵ — light yellow brown, ω — dark brown or ϵ — yellowish (almost colourless), ω — brown.

Of very rare occurrence is the blue variety of tourmaline displaying light ashy-blue ϵ pleochroism, and blue ω pleochroism, the same applies to the pink variety with pleochroism ϵ — ashy-pink and ω — black.

Staurolite. — It is in the form of irregular grains with orange yellow colouration and characteristic pleochroism.

Rutile. — Grains mostly irregular, rarely euhedral, with red-brown or none-yellow brown colouration. Some grains exhibit weak pleochroism.

Anatase. — Occurs commonly in the form of quadrangular tablets of ashy-yellow colour, or as irregular grains with faces (111) frequently discernible. In these grains cleavage fissures (001) are easily detectable.

Biotite. — It develops dark red-brown flakes, optically almost isotropic, exhibiting a conoscopic crystal pattern, optically appearing as almost uniaxial negative. No pleochroism exhibited in this section. Irregular black inclusions of ore very frequently visible².

Chlorite. — Present in the form of flakes from pale-green to dark-green, without pleochroism. Irregular black inclusions of ore nearly always present.

Disthène (kyanite). — Grains are colourless and irregular, somewhat elongate with discernible cleavage fissures. Extinction oblique at an angle of abt. 30°.

Barite. — Colourless or yellowish grains with rhomboidal shape. Most commonly they are in the form of tablets showing excellent cleavage (001) and bounded by cleavage planes (110), with the intermediate angle at about 101°. Some grains have a zoned structure.

Results obtained in these research studies are shown in table 1 (see p. 20 of the Polish text). Data concerning samples Nos. 5 and 10 whose heavy fractions are composed almost entirely of opaque minerals have been obtained in analysing the

² After K. Birkenmajer, biotite is a common constituent of the Flysch Aalenian, particularly so in layers of shale sandstone and arenaceous shales. Its quantitative content in the studied samples being accidental (dependent of the site in the layer from which the sample had been collected), biotite is not listed in the comparative summary of results shown in table 1 and 2 (p. 20 of the Polish text).

whole fraction and determining every identifiable (translucent) mineral grain. Thirty grains were counted in sample 5, fifty — in sample 10. The hypothetical error computed for these samples by Dryden's method (3) is such as to impart but a tentative value to the figures here given.

The next step toward a comparative study of the mineral composition of the heavy fraction in all the samples was to draw up a computation table with the exclusion of the opaque minerals (table 2, p. 20 of the Polish text). Sample No. 4 of argillaceous shale has been omitted from this table, since, consisting solely of pyrite and barite, i. e. authigenic minerals, it is of no significance for purposes of correlation. The obtained data have also been plotted in a curve diagram. After K. Birkenmajer the stratigraphical correlation of samples is not possible owing to very strong tectonic disturbances experienced by the Branisko series and monotonous development of the Flysch Aalenian. One of the reasons for assuming that no important error will be involved when investigating samples without stratigraphic correlation is that they all belong to the lower Aalenian. The mean computed figures indicate that garnet, zircon, tourmaline, rutile, staurolite and barite constitute the key mineral assemblage of the Flysch Aalenian. It is characterized by an important prevalence of garnet over tourmaline and the absence of such minerals as epidote, pyroxenes and amphiboles.

A comparison of data obtained through research studies here considered with those from other areas of the Carpathian Flysch reveals the occurrence in this series of relatively poor assemblages of heavy minerals. St. Maikowski (9) when investigating the Magura Flysch and the „marginal“ Flysch from the vicinity of Krościenko, turned his attention to the occurrence frequency ratio of garnet as compared with tourmaline. The prevalence of garnet over tourmaline is characteristic of the Magura Flysch, while in the „marginal“ Flysch the ratio is reversed. The prevalence of garnet over tourmaline as observed in the Flysch Aalenian is also noted in the Krościenko sandstones where, according to J. Tokarski (13), and A. Oberc (11), the abundance of garnet is the key feature. The lack of amphibole and pyroxene may indicate either their absence in rocks which were the source of clastic material, or erosion under conditions of strong chemical disintegration taking place in a hot and moist climate.

The mineral assemblage including garnet, zircon, rutile, tourmaline and staurolite suggests the erosional provenance of clastic material from a zone of rocks embracing granite injections in crystalline schists. It is not out of the question that this material may have passed through several cycles of sedimentation and this would be responsible for the presence of the most resistant heavy minerals only, particularly so of their finest fractions.

*Laboratory of Geochemistry
College of Mining & Metallurgy
Cracow, July 1955.*

CONSPECTUS

DESCRIPTION OF FIGURE IN THE POLISH TEXT

Fig. 1 (p. 21)

Curve diagram showing frequency of mineral occurrence in heavy sandstone concentrates from the Flysch Aalenian in the Pieniny Klippen-belt

Legend: ordinates = per cent mineral content; abscisses = minerals: *Zr* zircon, *Ru* rutile, *Tur* tourmaline, *Gr* garnet, *St* staurolite, *Dy* disthème, *Chl* chlorite, *Anat* anatase.

Figures placed against black dots represent numbers of samples