

ANDRZEJ RADOMSKI

UWAGI O SEDYMENTACJI FLISZU PODHALAŃSKIEGO

Remarks on the Sedimentation of the Podhale Flysch

Terminem „flisz podhalański“ określamy serię osadów wieku górny eocen — dolny oligocen, wypełniającą depresję tektoniczną pomiędzy Tatrami a pienińskim pasem skałkowym. Podłoże fliszu podhalańskiego, z którym jest on związany sedymentacyjnie, stanowią wapienie numulitowe i zlepieńce środkowego eocenu leżące w transgresji na utworach tatrzańskich. Natomiast kontakt z pienińskim pasem skałkowym jest natury tektonicznej.

Osady fliszu podhalańskiego składają się prawie wyłącznie z przeławicających się nawzajem w dość szybkim następstwie piaskowców i łupków. Piaskowce są przeważnie drobno- i średnioziarniste, rzadko występują ławice zlepieńców i warstwy syderyticznych dolomitów. Ten zespół warstw został podzielony (Gołęb 1950) na trzy ogniwa od dołu do góry: warstwy zakopiańskie, chochołowskie i ostryskie.

TYPY WARSTWOWAŃ

Rodzaj warstwowania ławic piaskowcowych zależy w znacznej mierze od grubości ziarna i miąższości ławicy. W ławicach grubych, o miąższości od 50 — 60 cm, występuje z reguły warstwowanie frakcjonalne. Pojawia się ono poza tym zawsze w ławicach posiadających nieznaczną choćby domieszkę materiału grubszego. Warstwowanie frakcjonalne występuje pospolicie w warstwach chochołowskich. W warstwach zakopiańskich jest znacznie rzadsze ze względu na brak gruboławicowych piaskowców.

Najczęściej spotykane są cztery typy warstwowania frakcjonalnego: warstwowanie frakcjonalne zupełne, przerywane, pensymetryczne i wielokrotne.¹ Niejako krańcowym typem warstwowania frakcjonalnego, w którym występuje tylko jedna frakcja, są piaskowce jednorodne (Dzułyński i Radomski 1955).

Wysortowanie materiału w ławicach frakcjonowanych jest dobre. Współczynniki obliczone wzorem Traska ($S_0 = \sqrt{Q_1/Q_3}$) wahają się w granicach od 1,16 do 2,8. W drobnoziarnistych stropowych partiach

¹ Terminologia na podstawie pracy M. Książkiewicza (1954).

ławicy wysortowanie jest zwykle lepsze niż w partiach spągowych o ziarnie grubszym. Przeciętna średnica ziarn stopniowo maleje w miarę oddalania się od spągu. W przypadku ławic o warstwowaniu frakcyjnym wielokrotnym, przeciętna średnica ziarna w warstewkach materiału grubszego jest tym mniejsza, im dana warstewka znajduje się bliżej stropu ławicy. Domieszka materiału najgrubszego jest zwykle niewielka i nie przekracza 10 — 15%. Ze względów technicznych analizowane były piaskowce o ziarnie niezbyt grubym. Niemniej jednak we fliszu podhalańskim spotyka się piaskowce frakcjonowane o maksymalnej średnicy ziarna wynoszącej od kilku do kilkunastu cm. Niezależnie od tego „normalnego“ rozłożenia materiału w ławicach o warstwowaniu frakcyjnym pojawiają się niekiedy fragmenty łupkowe o wielkości od centymetra do rozmiarów $100 \times 80 \times 8$ cm w przypadku największego z obserwowanych. Mogą one zajmować w ławicy trojaki położenie: są albo rozmieszczone bezładnie w całym przekroju ławicy — co jest przypadkiem stosunkowo rzadkim — albo są zgrupowane na powierzchni stropowej lub spągowej ławicy. Te obydwie ostatnie przypadki występują równie często. Przyczyny takiego rozmieszczenia okruszków szukać należy, jak przypuszczam, w różnej gęstości i szybkości prądów zawieszinowych odkładających materiał. Ciężar objętościowy łupków wynosi około 2. Jest to jednocześnie górna granica optymalnej gęstości prądów zawieszinowych, które posiadając dużą siłę transportową zachowują przy tej gęstości jeszcze znaczną ruchliwość i mogą się rozprzestrzeniać na wielkie odległości. W przypadku prądów o gęstości 2 lub zbliżonej łupki mogą być niesione na „powierzchni“ prądu i sedymentują jako ostatnie, w czym ułatwieniem dodatkowym są ich płaskie kształty. W przypadku prądów o małej gęstości będą one wleczone po dnie i zgromadzą się w spągowych partiach ławicy.

W niektórych ławicach warstwowanych frakcyjnie możemy zauważyć orientację ziarn. Zaznacza się ona szczególnie dobrze w piaskowcach o dużej ilości spoiwa, gdzie ziarna większe tkwią dość luźno w drobniejszym materiale. Ułożenie ziarn jest dachówkowe, podobne do tego, które spotykamy w materiale zwirowym niesionym przez rzeki. Osie dłuższe są pochylone pod różnymi kątami, ale zazwyczaj w 80 — 90% w jednym kierunku. Niewielka ilość pomierzonych ławic nie pozwala na wysnucie regionalnych wniosków. Próbkę pobrane z ławic sąsiednich wykazywały kierunki niejednokrotnie wręcz przeciwne. Być może stosunkowo drobny materiał zawdzięcza swe ułożenie turbulencjom w sunącym po dnie prądzie zawieszinowym.

Obtroczenie ziarn kwarcu jest w piaskowcach nieznaczne i szybko spada razem ze średnicą ziarna. Dla wielkości poniżej 0,3 mm prawie 100% ziarn jest ostrokrawędzistych. Nieznaczny procent ziarn dobrze obtoczonych nawet we frakcji o średnicy powyżej 3 mm (28%) wskazuje na krótki transport i brak przerabiania w strefie litoralnej. Wydaje się, że materiał dostawszy się do morza był składany dość prędko na głębokościach znajdujących się poniżej podstawy falowania, zachowując dzięki temu ostre, nienaruszone krawędzie ziarn.

Stopień obtoczenia poszczególnych frakcji nie ulega zmianie w pionowym przekroju ławicy. Fakt ten zdaje się przeczyć możliwości powstawania warstwowania frakcyjnego w wyniku cyklicznych dłu-

gotrwałych zmian zachodzących w konfiguracji przyległych łądów lub samego basenu morskiego. Zarówno w jednym, jak i drugim przypadku moglibyśmy spodziewać się rozmaitego stopnia obtoczenia materiału dla stropu i spągu ławicy.

Warstwowanie laminowane ze względu na znaczną przewagę we fliszu podhalańskim cienkoławicowych piaskowców jest obok warstwowania przekątnego typem spotykanym najczęściej. Bardzo drobne ziarno i spoistość ławic laminowanych uniemożliwiają sporządzenie krzywych granulometrycznych. Mierzone pod mikroskopem maksymalne średnice ziarn nie przekraczały 0,14 mm, a przeciętnie wahały się w granicach od 0,07 do 0,05 mm. Laminowanie jest wywołane przez powtarzanie się wielokrotne na przemian warstewek jasnych i ciemnych. Warstewki ciemne składają się z nagromadzenia drobnych blaszek miki, zmielonego detrytusu roślinnego i cząstek ilastych. W warstewkach jasnych ziarno jest większe (do nich odnoszą się podane wymiary). Grubość lamin jest różna: od ułamka milimetra do 2—3 mm. Niekiedy w spągowych partiach ławicy laminy jasne są grubsze i ziarno w nich jest większe niż w stropowych częściach. Mamy więc do czynienia niejako z mikrofrakcjonowaniem materiału.

Warstwowanie przekątne jest typem warstwowania spotykanym bardzo często we fliszu podhalańskim. Występuje jedynie w pelitycznych piaskowcach cienkoławicowych. Laminy w warstwowaniu przekątnym są wklęsłe ku górze, z powierzchnią stropową, która jest powierzchnią ścinającą, tworzą kąt wynoszący około 20°. Do spągu laminy dochodzą stycznie. Rozmiary ziarn są tego samego rzędu co w piaskowcach laminowanych.

Stosunkowo niewielkie kąty pochylenia lamin, nieznaczące rozmiary ziarn pozwalają przypuszczać, że prądy, którym zawdzięczają swoje powstanie, były stosunkowo słabe. Opierając się na wykresach Nevin'a i Hjulströma otrzymujemy szybkości prądów podobne do podawanych przez Książkiewicza (1954), wahać się w granicach 20—30 cm/sek. Obok warstwowań prostych występują we fliszu podhalańskim liczne kombinacje warstwowań złożonych. Warstwowanie frakcjonalne łączy się bardzo często z warstwowaniem laminowanym bądź przekątnym, które występują zwykle w stropie ławicy. Niekiedy mamy do czynienia z pewnego rodzaju warstwowaniem pensymetrycznym, kiedy w spągowych partiach ławicy frakcjonowanej pojawia się warstwowanie przekątne lub laminowane.

Te dwa ostatnie typy warstwowania wchodzi również bardzo często w kombinacje ze sobą. W takim przypadku najczęściej dolna część ławicy jest warstwowana przekątnie, górna posiada natomiast laminację.

Na obszarze wschodniego Podhala na ponad 300 zbadanych ławic 11% jest frakcjonowanych, 50% posiada warstwowanie przekątne, 35% laminowane. Na zachodzie procent ławic warstwowanych frakcjonalnie wzrasta do około 20.

KIERUNKI PRĄDOWAŃ

Celem odczytania kierunków sedymentacji i transportu materiału dokonano pomiarów kierunków warstwowania przekątnego, hieroglifów

prądowych i wlezeniowych. Na całym obszarze i we wszystkich poziomach stratygraficznych fliszu podhalańskiego przeważają kierunki równoleżnikowe. Prądy, jak wskazują zakończenia hieroglifów prądowych, płynęły z zachodu na wschód. Wyniki uzyskane na podstawie hieroglifów znajdują pełne potwierdzenie w pomiarach kierunków warstwowania przekątnego. Znaczna część pomiarów zamyka się w ćwiartkach NE i SE wskazując na prądy płynące z zachodu. Na kierunek zachodni wskazują również zakończenia hieroglifów powstałych przez uderzenie o dno większych ziarn piasku wleczonych prądem.

EGZOTYKI

Zebrany dotychczas materiał egzotykowy jest jeszcze za mało opracowany, by można było na jego podstawie wysnuwać zbyt daleko idące wnioski. W warstwach chochołowskich G o ł a b (1950) znalazł materiał tatrzański, ale wspomina jednocześnie o skałach Tatrom zupełnie obcych. Egzotyki zebrane przeze mnie są to w większości wypadków ciemne, drobnokrystaliczne dolomity spotykane wśród rozmaitych serii tatrzańskich. Nieliczne skały krystaliczne wykazują pewne podobieństwo do łupków krystalicznych Tatr zachodnich.

Dość charakterystyczne jest również rozmieszczenie materiału egzotykowego. Najwięcej znajdujemy ławic z egzotykami blisko północnej granicy fliszu na wschodzie badanego obszaru. Ku zachodowi ilość ławic zawierających egzotyki szybko maleje i począwszy od południka rzeki Białki, pojawiają się już jedynie rzadko pojedyncze ławice. Taki rozkład materiału stawia pod znakiem zapytania Tatry jako jedyne źródło materiału, tym bardziej że skały o typie tatrzańskim mogły posiadać pierwotnie znacznie większe rozprzestrzenienie niż to ma miejsce obecnie.

PODMORSKIE RUCHY MASOWE

Przyjmując kryteria morfologiczne możemy rozróżnić trzy typy ławic dotkniętych ruchami masowymi.

1. Ławice, których strop i spąg pozostaje mniej więcej gładki, natomiast wewnątrz wykazuje pofałdowania budujących daną ławicę lamin. Pofałdowane laminy mogą być albo ścięte przez nadległe łupki lub też blisko stropowej powierzchni następuje wyrównanie lamin. Zaburzone laminy mogą obejmować bądź całą ławicę, bądź też w spągowej jej części występuje warstwowanie laminowane równoległe, a zaburzenia pojawiają się dopiero wyżej. Ławice takie nie wykazują zmian miąższości. Prawdopodobnie przesunięcie materiału było nieznaczne i miało miejsce prawie współcześnie z jego sedymentacją.

2. Drugi typ stanowią ławice pofałdowane w całości, leżące między warstwami poziomymi. W tym przypadku dochodzi niejednokrotnie do porozrywania ławicy, pojawiają się zwykle toczne piaszczyste. Powstałe struktury są plastyczne, co wskazuje na nieznaczne zaawansowanie procesów diagenetycznych w momencie powstawania osuwisk.

3. Trzeci typ stanowią właściwe osuwiska podmorskie, w których dochodzi nie tylko do rozerwania poszczególnych ławic i ich pofałdowania, ale do zupełnego przemieszania materiału. Erozja niejednokrotnie sięgnęła tak głęboko, że w osuwisku znalazły się okruchy twardych zdiagenezowanych piaskowców porwanych ze swoim normalnym nadkładem łupkowym.

ZAKOŃCZENIE

Zespół cech litologicznych fliszu podhalańskiego pozwala przypuścić, że jest to osad, który gromadził się znacznie poniżej podstawy falowania. Basen morza fliszowego stanowił rodzaj rynny pogłębiającej się ku wschodowi. Dzięki temu prądy zawiesinowe schodzące ze stoków basenu zarówno z południa, jak i północy otrzymywały w partiach osiowych kierunek równoleżnikowy i spływały ku wschodowi. Materiał piaskowców po stosunkowo krótkim transporcie na lądzie był składany w obrzeżeniu basenu, skąd prądy zawiesinowe redeponowały go w głąb.

DYSKUSJA

F. Bieda dodaje pewne obserwacje dotyczące zagadnień występowania organizmów we fliszu podhalańskim. Charakterystyczne jest, że w dużych kompleksach łupkowych fliszu podhalańskiego brak jest mikrofauny dennej. Zjawisko to można wytłumaczyć przyjmując środowisko o charakterze redukcyjnym (siarkowodorowym), na co wskazują niektóre cechy litologiczne osadów. We fliszu podhalańskim w obrębie piaskowców występują jedynie organizmy denne typu przybrzeżnego, a przede wszystkim duże otwornice z grupy numulitów. Świadczą one, że życie przybrzeżne krzewiło się dość bujnie.

We fliszu podhalańskim w Szaflarach występują również w obrębie łupków „egzotyki“ wapieni numulitowych a także pojedyncze numulity (jak np. *N. perforatus*) obtoczone, o rozmiarach 0,5 — 1,5 cm. Wszystkie te otoczaki są płaskie. Nie jest jasne miejsce pochodzenia tych otoczek. Trudno przyjąć, żeby materiał ten pochodził z eocenu tatrzańskiego, mimo że skamieniałości odpowiadają tym, które występują w analogicznych utworach Tatr. Raczej jednak należy przyjąć obecność w północnej części fliszu podhalańskiego osadów szelfowych z bogatą fauną dużych otwornic, a nadto ślimaków i źle zachowanych małży, które były rozmywane w czasie sedymentacji fliszu podhalańskiego i przyniesione doń jako „egzotyki“.

E. Passendorfer stwierdza, że kierunki sedymentacji we fliszu podhalańskim są dla niego rewelacją. Jeżeli chodzi o materiał egzotyczny, który w tym fliszu występuje, nie dziwi go brak elementów tatrzańskich, gdyż w momencie transgresji lutetu ani trzon granitowy, ani też serie wierchowe nie były odsłonięte, lecz znajdowały się pod przykryciem serii reglowej. Odrębnym problemem jest zagadnienie, czy w czasie sedymentacji fliszu podhalańskiego całe Tatry były pokryte morzem, gdyż można by się doszukiwać pochodzenia materiału ilastego z rozmywanych utworów neokomu serii reglowej.

J. Gołąb wyraża swoją radość w związku z faktem, że wreszcie flisz Podhala jest tak gruntownie badany. Zwraca on uwagę na to, że słuszniejsze ze względów językowych byłoby używanie nazwy flisz podhalski niż podhalański.

Wyniki badań A. Radomskiego o zgodne są na ogół z wynikami, które uzyskał J. Gołąb w innej drodze. W zlepieńcach warstw chochołowskich jest widoczne, że ziarno maleje z SW ku NE, natomiast gdy zbliżamy się do pasa skałkowego, widzimy wpływ jego na wielkość ziarna. Zgodność kierunków sedymentacji widoczna jest na wschód od rzeki Białego Dunajca. Na zachód od tej rzeki tak „idealnej“ zgodności kierunków nie ma. Sugeruje on, że teren ten był słabiej zbadany, jak na to wskazuje zagęszczenie punktów obserwacji na mapach przedstawionych przez prelegenta.

Warstwy zakopiańskie właściwie nie mają wyraźnych materiałów tatrzańskich. Przeważną ich część trzeba będzie uznać za utwory głębokomorskie, co by się zgadzało z brakiem szczątków organicznych. Natomiast w warstwach chochołowskich widać wyraźną inwersję sedymentacji. W dolnej partii tego ogniwa występują bardzo dobrze ogładzone otoczaki wapieni numulitowych, ku górze widać dopływ materiału obcego. Wykonane przez prof. dr M. Turnau-Morawską analizy petrograficzne (nie publikowane) serii fliszowej od piaskowców z Kozińca przez warstwy chochołowskie dolne i górne aż do spągu warstw ostryskich wskazują na obecność pewnej ilości elementów o charakterze tatrzańskim. We wsi Ciche wielki blok wapienia numulitowego wśród warstw chochołowskich dyskutanta skłonny jest obecnie interpretować jako fragment osuwiska podmorskiego, a nie jak dotychczas jako blok wyrwany z podłoża na granicy nasunięcia tektonicznego.

W referacie dyskutant zauważył pewne nieścisłości. Mianowicie oprócz spływowych istnieją też struktury ześlizgowe. W osuwisku podmorskim Porońca ławice zafałdowanego piaskowca są popękane, hieroglify zaś poprzesuwane. Zatem materiał nie był aż tak bardzo plastyczny, jak to sugeruje prelegent, ale już silnie zdiagenezowany. Ześlizgiwał się on i fałdował pod wpływem własnego ciężaru. Powstanie ześlizgu (rockslide) umożliwia tutaj zapewne obecność substancji wapiennej spoiwa. W ciągu sedymentacji samego fliszu podhalańskiego jest rytmika ześlizgów, spływów i innych cech sedymentacji (np. laminacji). Mniej więcej co około 2 000 m profilu stratygraficznego następuje jakiś silniejszy ruch podłoża. Obszar fliszu podhalańskiego można traktować jako „mikrogeosynklinę“, która pod wpływem osadu zmienia swoje nachylenie. Wówczas powstaje zafałdowanie wśródławicowe (np. Porońca) i pojawia się kierunek dośrodkowy.

Badania magnetyczne przeprowadzone na obszarze Podhala wskazują na występowanie wysokiego maksimum dodatniego w samej osi synkliny fliszowej. Trzeba zatem przyjąć istnienie masywu egzotycznego między Tatrami a pasem skałkowym, z którego częściowo pochodził materiał we fliszu.

St. Dzułyński podkreśla, że w referacie zarysowuje się obraz basenu fliszu podhalańskiego zapadającego ku wschodowi. Równocześnie jednak zaznacza się, o czym mówił prof. J. Gołąb, niezgodność kie-

runków osuwisk, kierunku spełzywania grubszego materiału i ślizgów z kierunkiem wleczenia.

Z tymi zagadnieniami wiąże się też występowanie we fliszu podhalańskim żył (dajek) piaskowcowych przecinających niezgodnie łupki. Zostały one wytworzone przez hydroplastyczny piasek drobnoziarnisty z niewielką domieszką substancji ilastej (o charakterze kurzawki), wyciskany z ławic piaszczystych w szczeliny powstające w iłach pod wpływem dennych ruchów osadu. Przy pasie skałkowym te żyły piaskowcowe pochylone są ku południowi, przy Tatrach — ku północy. Grubość ich wynosi od paru centymetrów do 15 cm, długość 2 — 2,5 m. Zatem już złożony materiał ma tendencję do spełzywania w północnej partii basenu ku południowi, w południowej — ku północy.

Oдноśnie do materiału egzotykowego, to wydaje się słusniejsze definiowanie go jako „materiału o typie tatrzańskim“, a nie „materiału tatrzańskiego“, gdyż ścisłej identyczności nikt dotychczas nie stwierdził, materiał podobny zaś mógł zajmować pierwotnie znaczniejszy obszar. Przy północnej stronie basenu fliszowego, np. w przypadku zlepieńców w warstwach zakopiańskich potoku Kacwińskiego, może on pochodzić z północy.

W. S i k o r a zwraca uwagę na zagadnienie erozji wśródformacyjnej. Na przykład w utworach fliszowych serii magurskiej napotykał on okruchy nie obtoczonych łupków w piaskowcach czy zlepieńcach, które posiadały charakter albo podobny do łupków całej serii, albo też, rzadziej, charakter obcy. Grupują się one albo w dolnej, albo środkowej lub też górnej części ławicy.

W serii pstrych łupków wieku: paleocen-dolny eocen leżących w nadkładzie warstw inoceramowych znalazł on cztery wkładki zlepieńca o typie ciężkowickiego. Zlepieńce te wykazywały frakcjonowanie i w stropowej partii zawierały niekiedy okruchy czerwonych łupków. Okruchy zaś zawierały niekiedy mikrofaunę globotrunkanową górno-kredową. Zatem wskutek erozji podmorskiej zostały odsłonięte warstwy górno-kredowe i redeponowane w paleocenie - dolnym eocenie.

K. B i r k e n m a j e r podał kilka obserwacji dotyczących kontaktu fliszu podhalańskiego z pasem skałkowym. Koło Niedzicy, Kacwina i Łapsz na polskim Spiszu kontakt pasa skałkowego z fliszem podhalańskim jest wszędzie tektoniczny. Na kontakcie obserwujemy silne zaburzenia warstw fliszu podhalańskiego aż do obrócenia warstw włącznie. Dalej ku południowi, już w odległości 2 — 3 km tektonika fliszu podhalańskiego łagodnieje i kąty upadów maleją nawet do zera. W wymienionych powyżej miejscowościach występuje kilka horyzontów zlepieńcowych w warstwach odpowiadających warstwom zakopiańskim. Najgrubszy poziom ciągnie się na przestrzeni około 4 km i tworzy soczewkę najlepiej rozwiniętą na wschodzie koło Kacwina, cieniejącą zaś i zanikającą zupełnie ku zachodowi w okolicy Łapsz.

Egzotyki dolomitowe czy wapienne o typie środkowego triasu oraz kwarcyty werfeńskie występujące we fliszu podhalańskim nie muszą być pochodzenia tatrzańskiego. Taki sam materiał spotykamy w kredzie środkowej i górnej pasa skałkowego, towarzyszą mu zaś skały zupełnie obce dla środowiska Karpat centralnych takie, jak zielone, albitowe apłoi mikro-granity, spility, propility, keratofiry itp. Skały te pochodzą

zapewne z masywu egzotycznego położonego między basenami jurajsko-kredowymi pasa skałkowego i Tatr. D. Andrusov utożsamiał je z podłożem serii pienińskiej, z którego została ona oderwana w wyniku tektonicznych ruchów przedalbskich. Nowsze badania wskazują jednak, że omawiany masyw egzotyczny nie mógł stanowić podłoża serii pienińskiej, lecz reprezentował masyw samodzielny.

Zdefiniować materiał jako tatrzański można by jedynie w tym przypadku, gdy uda się stwierdzić, że otoczaki są identyczne z analogicznymi skałami występującymi tylko w Tatrach. Nie może się to odnosić do skał triasu, gdyż bardzo podobny trias spotykamy zarówno w pasie skałkowym, jak też w serii wierchowej i reglowej Tatr oraz pozostałych seriach Karpat centralnych. Metoda ta zawodzi również w stosunku do znacznej części jury i neokomu. Najlepszym wskaźnikiem i bodaj że jedynym są skały krystaliczne pochodzące z masywów trzonu, gdyż prowincja centralnokarpackich intruzywów różni się chemicznie i petrograficznie bardzo wybitnie od egzotycznego masywu skał alkalicznych i ogniowych masywów prakarpackich w Karpatach zewnętrznych.

H. Świdziński zaznacza, że z wielkim zainteresowaniem wysłuchał referatu nie tylko z tego powodu, że w literaturze geologicznej dotychczas jeszcze mało jest publikacji, zwłaszcza nowszych, na temat fliszu podhalańskiego, ale dlatego że był to właściwie pierwszy odczyt, który dotyczył zamkniętej całości zagadnień sedymentacyjnych przestudiowanych na większej przestrzeni Karpat fliszowych. Prace o charakterze podobnym do przedstawionej przez prelegenta, a więc opierające się na przestudiowaniu pewnego materiału statystycznego mogą być przeprowadzane w różny sposób, dlatego też byłoby wskazane, żeby referent wyjaśnił nieco bliżej, jakimi metodami przeprowadzał swoje badania statystyczne, na jakiej ilości materiału obserwacyjnego były one ustalane, jaka była częstość występowania poszczególnych typów skał, jak wreszcie przeprowadzano analizy granulometryczne.

Drugie pytanie dotyczy zagadnienia okruchów łupków, które występują wśród piaskowców. Prelegent przyjął, że obecność okruchów łupków w spągu czy w stropie i prawidłowe lub nieprawidłowe ich ułożenie zależy od gęstości prądów zawieszinowych. Z tego by wynikało, że w przypadku występowania otoczków łupków w części stropowej zachowywałyby się one jako materiał najlżejszy, najwolniej sedymentujący. A może po prostu jest to już inny akt geologiczny, który spowodował, że na najdrobniejszej frakcji pojawiają się ponownie okruchy większych łupków?

Odnosnie do warstwowania laminowanego i przekątnego, to nie można ich traktować jako kategorii równorzędnych, gdyż przekątne warstwowanie jest zazwyczaj równocześnie laminowane.

Całość przedstawionych zagadnień wykazuje pewien porządek i daje obraz interesująco naświetlony, ale są i pewne niejasności, np. niezgodność między kierunkiem wędrówki materiału a rozmieszczeniem jego pod względem grubości ziarna. Jeżeli materiał rzeczywiście przyszedł z zachodu, to nasuwa się wniosek, że grubszy materiał powinien występować w zachodniej części kotliny podhalańskiej; taki wniosek jednak nie wynikał z referatu. Druga sprzeczność to poruszone przez doc. St.

Dżułyńskiego i mgra K. Birkenmajera występowanie egzotyków w postaci grubych poziomów zlepieńcowych w północno-wschodniej części fliszu podhalańskiego.

W grę wchodzi też zagadnienie zmian miąższości w kierunku z zachodu na wschód całego fliszu podhalańskiego i poszczególnych jego ogniw. Cała masa fliszu podhalańskiego, bardzo monotonna, czyni wrażenie jakby pochodziła ze zniszczenia serii mało odpornych skał, co najwyżej pewnych typów łupków krystalicznych lub z serii osadowej, albo też jak gdyby była po raz drugi przerobiona. Obszary macierzyste, z których ten materiał pochodzi, mogłyby należeć do masywu tatrzańskiego, niekoniecznie była to jednak seria krystaliczna, lecz może osadowa, jak to wspominał prof. E. Passendorfer; materiał mógł także pochodzić ze strefy pienińskiej. Można by też przyjąć, że w owym czasie istniał na brzegach zachodnich czy północno-zachodnich basenu fliszu podhalańskiego masyw, który jest dzisiaj zakryty masami skalnymi nasuniętymi z SW czy W. Opracowując zagadnienie pochodzenia fliszu podhalańskiego powinniśmy oczywiście brać pod uwagę nie tylko możliwości wprowadzenia tworzących go osadów z sąsiednich obszarów, ale także z wtórnego przerobienia materiału oraz pochodzenia z takich masywów, które dzisiaj na powierzchni nie istnieją.

T. Wieser zwraca uwagę, że przedstawione przez prelegenta badania należałoby uzupełnić obserwacjami nad orientacją ziarn piasku oraz ułożeniem osi otoczków a dalej porównać te wyniki z pomiarami kierunków hieroglifów i uwarstwienia przekątnego. Zapytuje on, czy analizy granulometryczne były wykonywane na sitach czy też na szlifach. W tym ostatnim przypadku wyniki ich mogą być fałszywe, gdy bierze się małe płytki cienkie, zbliżają się zaś do prawdy, gdy stosuje się wielkie płytki cienkie do 10×10 cm i większe. Szlify takie wykonywane są już w Polsce w Instytucie Geologicznym w Warszawie.

Struktury osadowe najlepiej zachowują się we frakcjach drobno-pelitycznych wskutek ich najszybszego zestalania się (rekrytalizacja i dehydratyzacja). Zwrócił on uwagę na konieczność przeprowadzenia badań tego typu, jak przedstawione przez referenta nad karbonem produktywnym.

K. Żytko nawiązał do zagadnienia, które poruszył już prof. H. Świdziński, a mianowicie do rozłożenia okruchów łupków w grubych ławicach piaskowców i zlepieńców. Prelegent wiąże różne rozmieszczenie tych okruchów z różną gęstością prądów, nie uzasadnił jednak bliżej swego stanowiska. Możliwe jest, że główną rolę odgrywa tu odległość źródła okruchów od miejsca depozycji. Jeżeli okruchy łupków przyszły z główną masą prądu zawieszinowego, utrzymywały się flotacyjnie dłużej w wodzie i w tym wypadku mamy ułożenie okruchów w górnej części ławicy. Jeżeli prąd erodował łupki na krótko przed depozycją materiału, okruchy te utrzymywały się w dolnej strefie prądu i były złożone pierwsze. Zapytuje on prelegenta, czy są różnice litologiczne w tych okruchach łupków pozwalające ocenić odległość miejsca depozycji okruchów od ich źródła? Czy jest zależność pomiędzy dachówkowym ułożeniem otoczków w ławicy zlepieńca a powierzchnią spagową tejże ławicy. Na podstawie wyglądu powierzchni spagowej można często ocenić, czy prąd oddziaływał trakcyjnie na składany materiał,

czy też sypał materiał z góry. W pierwszym przypadku otoczaki powinny być zorientowane, w drugim rozrzucone bezładnie.

W formie przyczynku dyskutant dodaje, że hieroglify wleczeniowe wywołane przesuwaniem ziarn piasku po dnie obserwował w piaskowcu magurskim w Sidzinie na arkuszu Babia Góra. Hieroglify te ważne są dla oceny szybkości kompaktacji iłów na dnie morza. Obserwowane hieroglify dochodziły do 20 cm długości, przy czym przekrój ich był nie wiele mniejszy od średnicy ziarn piasku. Świadczy to o stosunkowo silnej kompaktacji łupku jeszcze przed powstaniem omawianych hieroglifów wleczeniowych. Z drugiej strony ciekawe jest, że ziarna piasku przy stosunkowo małej masie mogłyby erodować skonsolidowany ił tak głęboko i na tak długiej stosunkowo przestrzeni.

W piaskowcu magurskim na arkuszu Żywiec obserwował on żyły piaskowcowe (dajki) długości jednego metra i średnicy 2 cm.

Obserwacje nad piaskowcami magurskimi na arkuszu Żywiec wykazały, że hieroglify prądowe w swojej głównej masie występują bliżej punktu wyjściowego prądu, natomiast hieroglify wleczeniowe występują dalej. Wydaje się, że w pierwszym stadium prąd niósł materiał ponad dnem, a jedynie ruch wody wywołał powstanie hieroglifów prądowych, na dalszym etapie słabnący prąd erodował niesionym materiałem i w efekcie występuje tutaj główne nasilenie hieroglifów wleczeniowych. Stawia on pytanie prelegentowi, czy podobne regionalne zróżnicowanie występowania hieroglifów prądowych i wleczeniowych zaznacza się też we fliszu podhalańskim.

Nawiązując do wypowiedzi doc. D ż u ł y ń s k i e g o, że na podstawie rozmieszczenia żył piaskowcowych można odczytać rynnowy charakter zbiornika, mówca podnosi, że podobny wniosek wydaje się również możliwym na podstawie statystycznego studium warstwowania przekątnego.

Ł a s z c z y ń s k i zwrócił uwagę na zjawiska sedymentacji, jaka zachodzi w przypadku mieszania się wody słonej i mniej słonej w strefie morskiej przy deltach. Materiał może wtedy układać się chaotycznie.

J. G o ł ą b dodał, że miąższość fliszu podhalańskiego obliczona między Tatrami a pasem skałkowym na zachód od rzeki Białego Dunajca wynosiła 4800 m, w tym 2800 m stanowią warstwy zakopiańskie. Przy pasie skałkowym warstwy zakopiańskie przechodzą w fację bardziej piaszczystą warstw szaflarsko-maruszyńskich.

Otoczaki iłów występujące w obrębie piaskowców mogłyby być zdaniem mówcy częściowo tocząciami.

L. K o s z a r s k i komunikuje, że przeprowadził ostatnio obserwacje sedymentologiczne nad piaskowcami ciężkowickimi serii śląskiej. Porównując charakter sedymentacji piaskowców ciężkowickich i piaskowców fliszu podhalańskiego można zauważyć duże różnice między seriami, głównie natury ilościowej (statystycznej). Największe różnice dotyczą warstwowania. Na przykład zupełnie inna jest częstotliwość występowania warstwowania frakcjonalnego w stosunku do laminowanego w piaskowcach ciężkowickich i fliszu podhalańskim. W piaskowcach ciężkowickich przeważa warstwowanie frakcjonalne, natomiast laminowanie jest stosunkowo rzadkie. Piaskowce ciężkowickie są w większości gruboławicowe i gruboziarniste, natomiast we fliszu podhalańskim, jak

wynika z przedstawionych przez prelegenta wykresów, przeważają cienkoławicowe i drobnoziarniste piaskowce o odmiennych typach warstwowania.

Przedstawiony przez referenta wykres częstotliwości występowania różnych typów warstwowań we fliszu podhalańskim odnosi się do całości osadów. Mówca zapytuje, jak by się taki wykres przedstawiał w odniesieniu do samych tylko gruboławicowych piaskowców: czy w tym przypadku warstwowanie frakcjonalne nie przeważałoby nad laminowanym.

W piaskowcach ciężkowickich w odróżnieniu od fliszu podhalańskiego istnieje duża ilość odmian warstwowania frakcjonalnego. W piaskowcach ciężkowickich spotyka się warstwowanie laminowane o typie wielokrotnym (2 i 3-krotnym), gdzie grubość lamin kilkakrotnie maleje ku górze. W piaskowcach ciężkowickich występują okruchy łupków, które podzielić można na dwie kategorie: jedne ostrokrawędziste, twardsze o wyraźnej strukturze łupkowej, drugie o zarysach zaokrąglonych, bardziej miękkie, złożone raczej z materiału ilastego. Ta druga odmiana mogłaby być określona jako toczeńce.

Następne zapytanie dotyczy kwestii, czy w piaskowcach fliszu podhalańskiego istnieje zróżnicowanie w typach warstwowania przekątnego. Czy oprócz omówionego warstwowania przekątnego laminowanego istnieje także warstwowanie przekątne w piaskowcach gruboławicowych i gruboziarnistych polegające na naprzemianległym ułożeniu smug o grubszym i drobniejszym materiale. Takie warstwowanie jest częste w piaskowcach ciężkowickich, gdzie może ono występować nawet w zlepieńcach.

Ostatnie zapytanie dotyczy zagadnienia, czy w ławicach posiadających liczne fragmenty łupkowe są spotykane drobne soczewki grubszego piaszczystego materiału: takie zjawisko jest pospolite w piaskowcach ciężkowickich. Soczewki te mogą być produktem osadzania słabo skonsolidowanych porwaków piaszczystych wleczonych lub unoszonych przez prąd. W czasie transportu jednak te porwaki piaszczyste posiadające słabą konsystencję mogły się łatwo rozsypać, natomiast fragmenty łupkowe i ilaste, posiadające konsystencję bardziej zwięzłą, składowane były w całości.

R. Unrug komunikuje, że w czasie prac nad współczesną sedymentacją Dunajca obserwował na powierzchni ławic piasku częste fragmenty łupkowych toczeńców o średnicy nie przekraczającej 5 mm.

M. Książkiewicz konstatuje, że we fliszu podhalańskim i równowiekowych lub prawie równowiekowych osadach fliszu karpackiego brak jest mikrofauny. Mianowicie w serii magurskiej począwszy od warstw podmagurskich, które mają mikrofaunę zubożałą, nie ma małych otwornic. To samo odnosi się do warstw krośnieńskich, w których mikrofauna występuje niezmiernie rzadko w porównaniu z innymi utworami fliszowymi. Jest to więc jakieś ogólne zjawisko we fliszu karpackim, które w tej chwili jest trudno wytłumaczyć, tym bardziej, że osady często nie wykazują cech utworów zatrutych siarkowodorem lub nie wykazują braku tlenu w wodach dennych.

W związku z powyższym mówca zapytuje prelegenta, jak się przedstawia sprawa hieroglifów organicznych we fliszu podhalańskim.

W warstwach magurskich można zauważyć, że w najniższej części występują jeszcze hieroglify pochodzenia organicznego, w wyższej części ich nie ma. To samo odnosi się do warstw krośnieńskich. Podobne zjawiska dostrzegamy obserwując występowanie numulitów w warstwach magurskich i krośnieńskich. Spotyka się je tylko w najniższej części tych warstw. Zdaje się, że we fliszu podhalańskim zaznacza się podobne zjawisko.

Druga sprawa dotyczy zagadnienia, czy w warunkach sedymentacji pod wpływem prądów zawieszinowych można, opierając się na gruboziarności i miąższości warstw, określić odległość osadu od źródła. Normalnie zdaje się, że większa miąższość i większa gruboziarność cechuje osady złożone bliżej źródła. Jednakowoż we fliszu spotykamy zjawiska, które trudno jest wytłumaczyć opierając się na powyższym rozumowaniu. Jako przykład można podać zlepieńce i piaskowce środkowego eocenu serii magurskiej odpowiadające tzw. piaskowcowi pasierbieckiemu. Na obszarze arkusza Babia Góra występują one mniej więcej w środkowej części basenu, brak zaś ich jest w północnej i południowej części. W północnej części obszaru odpowiadają im położeniem pstry łupki lub warstwy typu warstw hieroglifowych, a więc utwory drobnoziarniste. Natomiast hieroglify występujące w warstwach pasierbieckich okazują kierunek transportu materiałów z północy na południe, gdy tymczasem w warstwach hieroglifowych kierunek transportu jest inny, ogólnie biorąc ze wschodu na zachód. Wynika z tego, że materiał piaskowców i zlepieńców pasierbieckich był transportowany z północy, a zatem bliżej źródła osadu zostały złożone materiały drobnoziarniste, a grubszy materiał osadzał się dalej od źródła. Jest możliwe zatem, że prądy zawieszinowe, o ile mają odpowiednią szybkość, mogą niejako przeskakiwać pewne obszary nie zostawiając na nich grubszego materiału i składając go dopiero w pewnej odległości od brzegu. Zauważyć należy, że z pomiarów nad prędkościami prądów zawieszinowych, jakie osiągają na skłonie szelfowym Atlantyku, wynikają szybkości wynoszące 20 — 30 m/sek, a więc znacznie większe niż prędkość dużych rzek w czasie powodzi.

Odpowiedź A. Radomskiego

Odpowiadając na zapytania i kwestie poruszone przez dyskutantów A. Radomski komunikuje, że wszystkie krzywe rozsiewów ziarnowych wykonywane były na podstawie analizy granulometrycznej sitowej po rozkruszeniu piaskowców za pomocą soli glauberskiej; siano na sitach 250 g przez 10 min. Materiał do badań był pobrany z 20 ławic z różnych miejscowości całego obszaru. Stopień obtoczenia był badany w ten sposób, że próbki pobrano z kilkunastu rozdrobnionych ławic. Z każdej uzyskanej tu frakcji brano 2 lub 3 razy 25 ziarn dzielonych następnie na 5 klas. Określono obtoczenie, a nie kulistość ziarn.

Pomiary częstotliwości występowania typów warstwowań we fliszu były oparte na 300 ławicach w profilu warstw chochołowskich rzeki Białki. W partii Podhala na zachód od Białki częstsze jest warstwowa-

nie frakcjonalne. Warstwowanie laminowane i przekątne przeważa w ławicach cienkich, frakcjonalne w ławicach grubszych niż 1 m.

Materiał egzotykowy zebrany przez referenta jest zbliżony do tatrzańskiego, lecz niewiadomo czy pochodzi z Tatr. Kierunek prądów naznaczony na demonstrowanych tablicach z południa narysowano na podstawie osuwisk. Nie wyklucza się jednak możliwości, że mogłoby być odwrotnie, nie stwierdzono jednak żadnych otoczków o typie pienińskim.

Okruchy łupków występujących w piaskowcach są takie same jak łupki nadległe i leżące poniżej ławic piaskowców. Przeszlamowanie łupków zarówno w warstwach, jak też w okruchach nie dało mikrofauny i dlatego nie można wyciągnąć wniosku, czy są one równo-, czy różnowiekowe. Może uda się to uzyskać w drodze analiz termicznych czy mineralogicznych.

Hieroglify prądowe i wleczeniowe występują najczęściej wspólnie. Warstwowanie przekątne jest wyłącznie laminowane i brak go w piaskowcach o grubszym ziarnie. Jeżeli pojawia się ziarno grube, materiał uzyskuje frakcjonowanie.

Hieroglify organiczne są w warstwach zakopiańskich pospolite, rzadziej występują w warstwach chochołowskich.

Dokładność badań obszaru wschodniej i zachodniej części Podhala jest taka sama. Większa ilość obserwacji we wschodniej części wiąże się z lepszymi odsłonięciami.

SUMMARY

Under the name of the Podhale Flysch we understand the beds of the Upper Eocene — Lower Oligocene age which appear in the tectonic depression between the Tatra Mountains and the Klippen belt of Pieniny. They consist almost exclusively of alternating sandstones and shales. The sandstones are mainly fine — or medium — grained.

The kind of the sandstone bedding depends on the size of grain and the thickness of bed. Thick and coarse-grained bedding are: the complete graded bedding, the discontinuous one, the pensymmetric one, the multiple one¹ and the homogenous one². The sorting of the material in the beds is good. Trask sorting coefficients vary within 1.16 — 2.8. In the lower parts of the beds the sorting is usually better than in the top ones. The amount of the coarsest material does not exceed 10 — 15 per cent. In graded beds appear shale fragments of one cm up to several cm of diameter. They are either chaotically situated within the bed or grouped near the top or base surface. The last two cases are most often met with. Their situation depends perhaps on the density of the turbidity current forming the bed. In the case of dense

¹ Terminology according to M. Książkiewicz (1954).

² Dżużyński & Radomski (1955).

currents they are grouped in the top parts of the bed and in case of diluted ones they are grouped in the lower parts. The orientation of quartz grains in the graded beds of the Podhale Flysch is not frequently developed. It is most often met with in the loosely „packed“ sandstones, in which, bigger grains occur in the mass of pelitic material. In this case the grain is exhibit on imbricate arrangement. Longer axes are steeply inclined (70 — 80 degrees).

The directions of currents measured on the basis of the orientation of grains were very variable and even so in adjoining beds. Perhaps the relatively fine material owes its arrangement to the turbulences in the turbidity current moving on the bottom. The roundness of grains is slight. The percentage of well rounded grains, even in the fraction over 3 mm does exceed 28 per cent. This points out to short transport and to slight abrasion of the material in the littoral area. It seems that the material was in any case deposited below the wave base. The degree of roundness of grains in individual fractions does not change in the vertical section of the bed.

The laminated bedding is, on account of considerable prevalence of thin-bedded sandstones in the Podhale Flysch, the type very often met with. The diameters of grains in these beds do not exceed 0,14 mm and averagely they are between 0.07 to 0.05 mm in the diameter. The lamination is caused by the alternate repetition of dark and light laminae. The dark ones consists of fine mica blades, plant detritus and clay particles. In the light ones grain is larger (the demensions given above concern them). The laminae are from a fraction of a mm to 2 — 3 thick.

The diagonal bedding appeare also in the pelitic, thin-bedded sandstones. The laminae are convex upwards. They form with the top surface an angle of about 20 degrees, while being tangent to the base surface. The currents owing to which these beds were formed were relatively weak; their speed was probably about 20 — 30 cm/sek.

In the Podhale Flysch the composite bedding is very frequent. The graded bedding very often combines with the laminated or diagonal one. In such a case the last two types appear mainly in the top part of the bed; more rarely they occur in the lower parts of it. The laminated and diagonal bedding may combine with each other. Usually the lower part of the bed is then diagonally bedded and the upper one is laminated. In the area of Eastern Podhale in over 300 investigated beds there was 11 per cent graded, 50 per cent diagonally bedded and 35 per cent of laminated.

The direction of diagonal bedding in the great majority of cases are NE and SE which points out that the currents flowed principally from the West. The same direction show also numerous groove casts and flow marks.

Exotic rocks found in the sandstones allow to assume that beside the Tatra massif there was still another area which provided the material for the Podhale Flysch basin.

Variously developped submarine movements recorded in the sandstone beds present a very frequent phenomenon. Many beds possess folded laminae, whilst having parallel and smooth top and base surface

often truncates the conertions. Sometimes the folding embraced a few beds whereas the adjoining bods situated above and below are undisturbed. Sometimes some beds are torn apart and characteristic sandstone balls appear. The structure thus formed are plastic which points out to the slight advance of diagenetic processes in the moment of formation of slides.

The third type represent the submarine slides in which not only the individual beds were torn and folding, but the material was completely mixed together. The erosion slides reached in many cases so deep that fragments of hard consolidated sandstones torn away together with the shales situated immediately above them were involved in the sliding movement.