

Maria BAC-MOSZASZWILI, Wojciech JAROSZEWSKI,
Edward PASSENDORFER

W SPRAWIE TEKTONIKI CZERWONYCH WIERCHÓW
I GIEWONTU W TATRACH

(9 fig.)

*On the tectonics of Czerwone Wierchy and Giewont area in
the Tatra Mts. (Poland)*

(9 Figs.)

Maria Bac-Moszaszwili, Wojciech Jaroszewski, Edward Passendorfer: *On the tectonics of Czerwone Wierchy and Giewont area in the Tatra Mts. (Poland)*. Ann. Soc. Geol. Poloniae, 52—1/4: 67—88, 1982 Kraków.

Abstract: In the light of new observations, tectonic units of High-Tatra zone of the Tatra Mts. exhibit numerous fold-type features, although lower wings of the units have suffered more or less complete reduction. Those facts as well as theoretical considerations contradicts the concept of gravitational tectogenesis of the High-Tatra units (Kotański 1961). Origin of these units can be explained only if one accepts process of folding caused by shortening under horizontal compression.

Key words: tectonics, revision of gravitational tectogenesis, Tatra Mts., Poland.

Maria Bac-Moszaszwili: Instytut Nauk Geologicznych, Polska Akademia Nauk, 02-089 Warszawa, Al. Żwirki i Wigury 93, Poland.

Wojciech Jaroszewski, Edward Passendorfer: Instytut Geologii Podstawowej, Uniwersytet Warszawski, 02-089, Al. Żwirki i Wigury 93, Poland.

manuscript recived: May, 1981

accepted: June, 1981

Treść: Obszar Czerwonych Wierchów i Giewontu był od czasów Uhliga przedmiotem prac wielu badaczy, jako klucz do zrozumienia tektoniki strefy wierchowej Tatr. Szczególne zasługi dla jej poznania położył Rabowski, autor poglądu o istnieniu dwu fałdów wierchowych. Ostatnie gruntowne opracowanie tego obszaru jest dziełem Kotańskiego, zdaniem którego „fałdy” Czerwonych Wierchów i Giewontu są w istocie łuskami, utworzonymi w niefałdowym procesie ześlizgów grawitacyjnych. Autorzy artykułu krytykują tę koncepcję genetyczną. Nowe obserwacje w strefie wierchowej świad-

czą o fałdowej budowie synkliny Pisanej i o istnieniu wielu innych przejawów procesów fałdowych. Rozważania teoretyczne zaprzeczają możliwości samoistnych ześlizgów grawitacyjnych w strefie wierzchowej Tatr. Niezbędny jest powrót do poglądu o kompresyjnym charakterze tektoniki wierzchowej. Przekroje przez Tatry wymagają poważnych zmian i reinterpretacji, początek którym dają autorzy artykułu.

W badaniach strefy wierzchowej Tatr kluczową rolę odgrywa rejon Czerwonych Wierchów i Giewontu. W ostatnich latach poczyniono na tym obszarze nowe obserwacje, które wraz z rozważaniami porównawczymi i teoretycznymi każą wrócić do zagadnienia budowy i genezy wierzchowych jednostek tektonicznych. Jest to temat o charakterze klasycznym, który można rozpatrywać jedynie w kontekście historii badań tektonicznych w Tatrach. Z tego powodu poniższe uwagi umieszczamy na dość szerokim tle historycznym.

Pierwszą nowożytną koncepcję tektoniki i tektogenezy Tatr popartą szeregiem profilów i mapą zawdzięczamy Uhligowi (1900). Autor ten wyróżnił szereg fałdów obalonych ku południowi.

Na podstawie mapy Uhliga Lugeon (1903) przedstawił koncepcję budowy płaszczowinowej Tatr, przy czym jednostkę Czerwonych Wierchów i Giewontu potraktował jako wielki fałd leżący zakorzeniony na

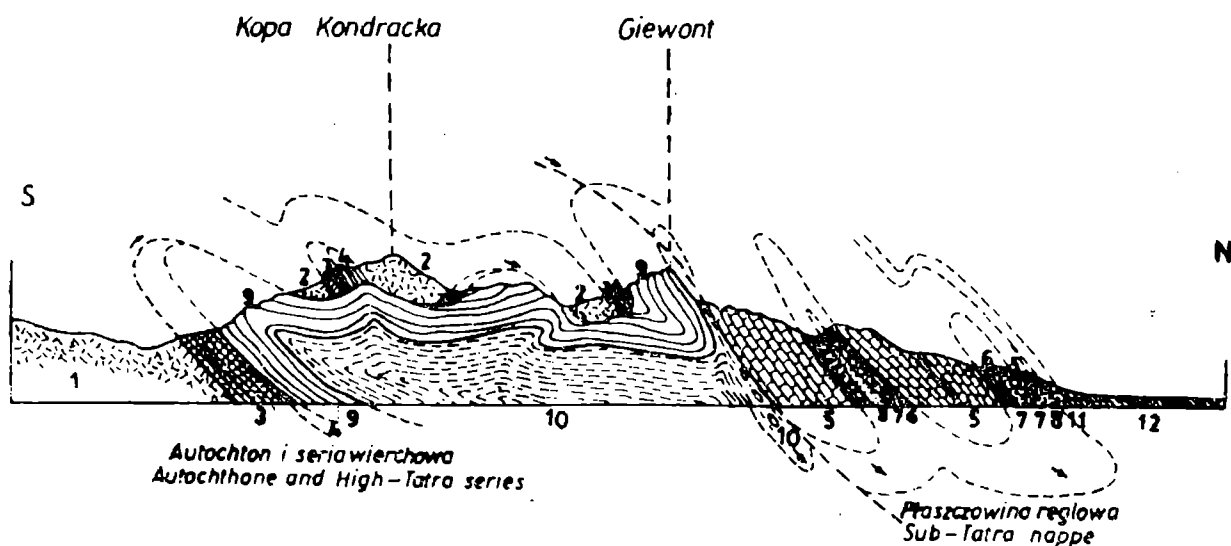


Fig. 1. Przekrój przez Tatry według M. Lugeona. 1 — jądro krystaliczne Tatr, 2 — nasunięte płyty krystaliczne, 3 — perm, 4 — łupki werfeńskie, 5 — wapień i dolomit środkowego triasu, 6 — kajper, 7 — retyk, 8 — dolny lias, 9 — wierzchowy wapień liasowo-jurajski, 10 — kreda wierzchowa, 11 — eocen, wapień numulitowy, 12 — paleogen w rozwoju fliszowym

Fig. 1. Section to the Tatra Mts after M. Lugeon. 1 — crystalline core of the Tatra Mts, 2 — overthrust crystalline fragments, 3 — Permian, 4 — Werfenian shales, limestone and dolomite of Middle Trias, 6 — Keuper, 7 — Rhaetic, 8 — Lower Lias, 9 — High-Tatra limestone of Lias-Jura, 10 — High-Tatra Cretaceous, 11 — nummulitic limestone of Eocene, 12 — flysch of Paleogene

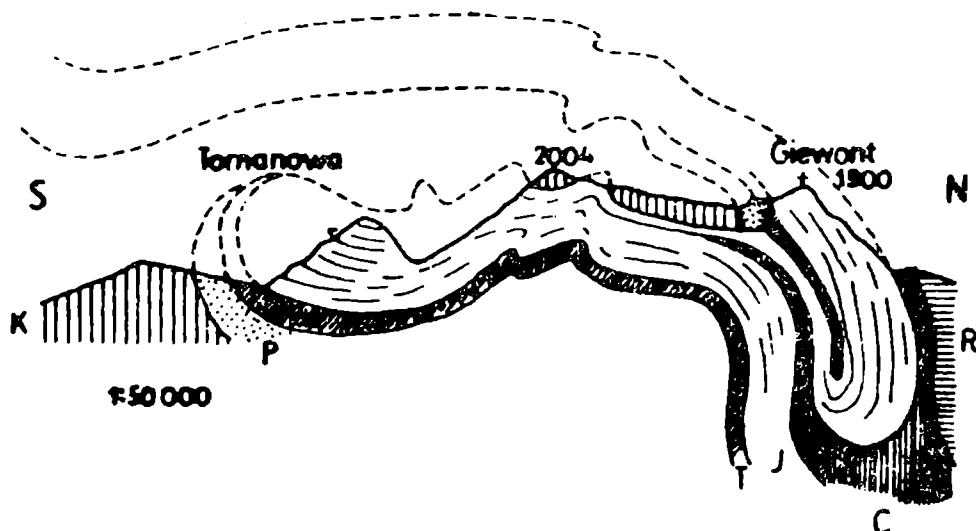


Fig. 2. Przekrój przez Kopę Kondracką i Giewont według M. Limanowskiego. K — skały krystaliczne, P — perm, T — trias, J — jura i dolna kreda, C — górna kreda, R — dolomit triasowy reglowej masy

Fig. 2. Section of Kopa Kondracka and Giewont after M. Limanowski. K — crystalline rocks, P — Permian, T — Trias, J — Jura and Lower Cretaceous, C — Upper Cretaceous, R — Triassic dolomite of Sub-Tatra mass

miejscu, a leżące na nim utwory reglowe jako wielką płaszczoinę pchniętą z południa. Koncepcja ta została w pełni przyjęta na wycieczce Międzynarodowego Kongresu w Tatry w roku 1903 (fig. 1).

Ideę tę podjął Limanowski (1911), który skorygował pewne poglądy Uhliga dotyczące budowy serii wierzchowej i przedstawił kilka przekrojów przez utwory wierzchowe, tworzące tzw. przez Limanowskiego leżący fałd Czerwonych Wierchów, który obejmował obszar pomiędzy Doliną Suchej Wody i Doliną Chochołowską (fig. 2). Zdaniem Limanowskiego fałd ten leżał pierwotnie poziomo i ciągnął się wzdłuż całego brzegu Tatr. Dopiero później na skutek pomarszczenia trzonu na szereg elewacji i depresji został wygięty i w wyniku procesów gradacyjnych mniej lub więcej ścięty. Zachował się wskutek tego w depresjach, a na elewacjach został zupełnie usunięty. W ujęciu Limanowskiego fałd Czerwonych Wierchów obejmuje zarówno obszar Czerwonych Wierchów, jak i Giewontu, podobnie jak to widzimy u Lugeona. Fałd Czerwonych Wierchów wiązał się bezpośrednio z podłożem, a jego skręt korzeniowy jest dobrze widoczny w masywie Ciemniaka nad Doliną Tomanową. Zdaniem Limanowskiego fałd Czerwonych Wierchów powstał na miejscu. Nie może być mowy, by cały trzon krystaliczny Tatr z leżącym na nim fałdem został przywleczony z południa.

Zagadnienie struktury i korzeni fałdu Czerwonych Wierchów podjął Świdorski (1922), który podobnie jak Limanowski uważał fałd Czerwonych Wierchów i Giewontu za jedną jednostkę tektoniczną zakorzenioną na miejscu. Jej skręt korzeniowy widział w masywie Wielkiej Kopy Koprowej i Tomanowej Liptowskiej. Zdaniem Świdorskiego już pierwsze

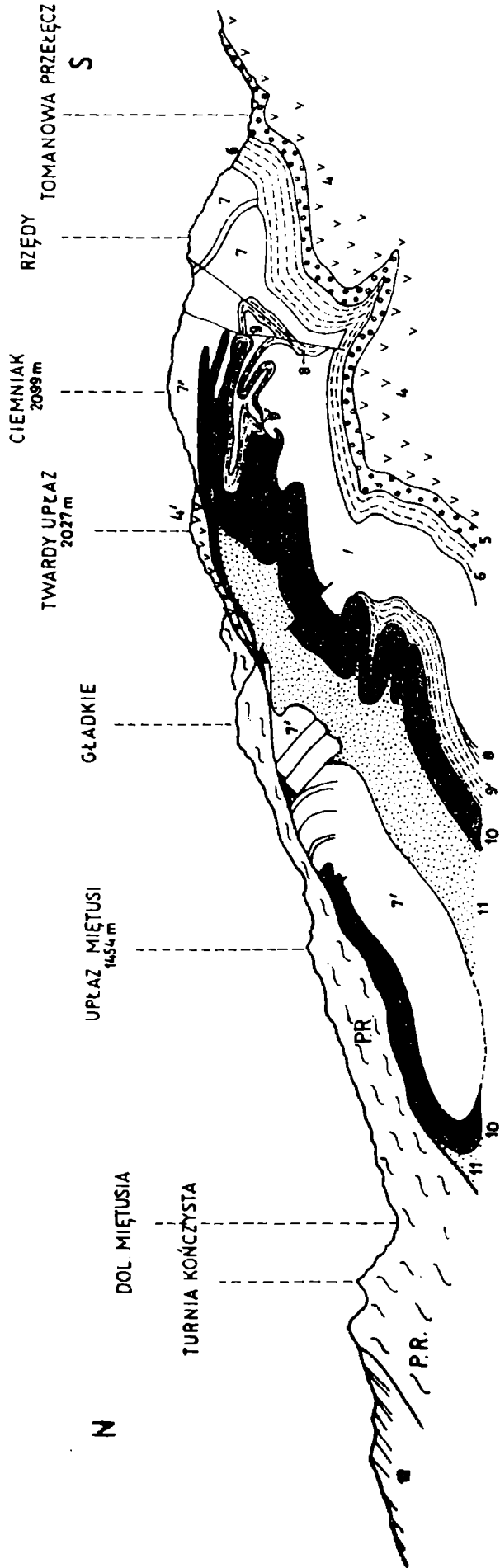


Fig. 3. Przekrój Czerwonych Wierchów wzdłuż wschodniego zbocza Doliny Kościeliskiej według F. Rabowskiego, bez tektoniki serii reflowych. 1—3 — ogniwa poza linią przekroju, 4 — podłoże krystaliczne pasma wierchowego, 4' — skały krystaliczne fałdu Giewontu, 5 — piaskowce kwarcytowe permu, 6 — czerwone łupki wertenu, 7 — trias środkowy podłoża wierchowego, 7' — trias środkowy fałdu Czerwonych Wierchów, 8 — kajper, 9 — retyk, 9' — lias, 10 — dogger, malm, neokom, urgon, 11 — alb, 12 — trzeciorzęd, PR — płaszczowiny regionowe

Fig. 3. Section of Czerwone Wierchy along eastern slope of the Kościeliska Valley, after F. Rabowski (structure of Sub-Tatra zone omitted). 1—3 — members outside the section, 4 — crystalline substratum of the High-Tatra units, 4' — crystalline rocks of the Giewont fold, 5 — quartzitic sandstones of Permian, 6 — red shales of Werfenian, 7 — Middle Trias of autochthonous substratum, 7' — Middle Trias of the Czerwone Wierchy fold, 8 — Keuper, 9 — Rhætic, 9' — Lias, 10 — Dogger, Malm, Neocomian, Urganian, 11 — Albanian, 12 — Tertiary; PR — Sub-Tatra nappes

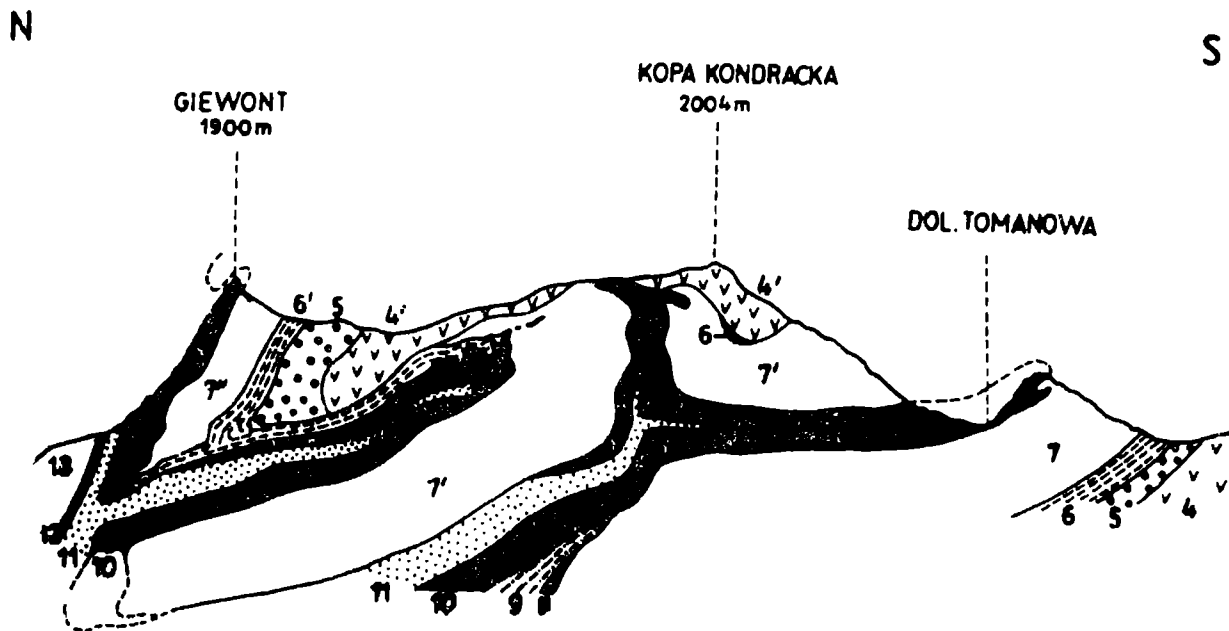


Fig. 4. Przekrój przez Kopę Kondracką i Giewont według F. Rabowskiego. 1—3 — ogniwą poza linią przekroju, 4 — podłoże krystaliczne pasma wierzchowego, 4' — skały krystaliczne fałdu Giewontu, 5 — piaskowce kwarcytowe permu, 6 — czerwone łupki werfeńskie, 6' — ciemne łupki margliste i brekcje triasu dolnego, 7 — trias środkowy podłoża wierzchowego, 7' — trias środkowy fałdu Czerwonych Wierchów, 7'' — trias fałdu Giewontu, 8 — kajper, 9 — lias, 10 — dogger, malm, neokom, urgon, 11 — alb, 12 — trias dolny regłowy, 13 — trias środkowy regłowy

Fig. 4. Section of Kopa Kondracka and Giewont after F. Rabowski. 1—3 — members outside the section, 4 — crystalline substratum of the High-Tatra units, 4' — crystalline rocks of the Giewont fold, 5 — quartzitic sandstones of Permian, 6 — red shales of Werfenian, 6' — dark marly shales and breccias of Lower Trias, 7 — Middle Trias of autochthonous substratum, 7' — Middle Trias of the Czerwone Wierchy fold, 7'' — Middle Trias of the Giewont fold, 8 — Keuper, 9 — Lias, 10 — Dogger, Malm, Neocomian, Urganian, 11 — Albanian, 12 — Sub-Tatra Lower Trias, 13 — Sub-Tatra Middle Trias

paroksyzmy mezozoicznych ruchów górotwórczych zmarszczyły pokrywę osadową Pratatr w dość regularne fałdy. Przemieszczenie płaszczowiny regłowej ponad trzonem krystalicznym Tatr z jego pofałdowaną pokrywą wierzchową spowodowało obalenie fałdu Czerwonych Wierchów, jego liczne deformacje oraz zanik na poprzecznych wypiętrzaniach masywu.

Współczesny etap w badaniach geologicznych Tatr otworzyły prace Rabowskiego, podjęte w 1920 roku. Stwierdzenie, że wapienie występujące w Czerwonych Wierchach i Giewoncie zaliczane przez Uhliga do liasu są wieku triasowego pozwoliło Rabowskiemu na wyróżnienie dwu serii wierzchowych — tubylczej i płaszczowinowej; ta druga odznacza się dużymi lukami stratygraficznymi w górnym triasie i liasie. W obrębie serii płaszczowinowej wyróżnił Rabowski dwa fałdy — Czerwonych Wierchów i Giewontu, jako samodzielne jednostki tektoniczne, rozdzielone strefami synklinalnymi zbudowanymi z kredy środkowej (fig. 3, 4).

Zdaniem Rabowskiego (1959) mechanizm i następstwo ruchów w serii wierchowej przedstawia się następująco: najpierw powstały kliny antyklinalne w masach krystalicznych Tatr pod naporem zbliżających się płaszczowin reglowych. Antykliny te dały początek płaszczowinom wierchowym. W dalszej fazie nastąpiło spłynięcie leżącego fałdu Czerwonych Wierchów, a w części — Giewontu i dostosowanie się ich do transwersalnych i longitudinalnych undulacji podłoża. W dalszej kolejności na fałdy wierchowe nasunęły się płaszczowiny reglowe, powodując ich deformacje. Płaszczowiny reglowe ścinają to fałd Giewontu, to oba fałdy razem, a nawet autochton. Z rozważań Rabowskiego wynika, że nachylenie podłoża i fałdów ku północy nie było początkowo tak strome jak obecnie. Sfałdowanie i przemieszczenie odbywało się na powierzchni prawie poziomej pod wpływem ciśnienia stycznego, towarzyszącego zgniataniu geosynkliny. Nie wyklucza to możliwości, że po wypiętrzeniu całego masywu i po stromym ustawieniu poszczególnych fałdów te ostatnie ześlizgiwały się pod wpływem siły ciężkości, szczególnie na pograniczu poziomów sztywniejszych i bardziej plastycznych.

Rabowski przyjmował istnienie osobnego jądra krystalicznego fałdu Czerwonych Wierchów, a leżące między triasem i albem fragmenty malmu i urgonu uważał za strzępy skrzydła brzuszno tego fałdu; w związku z tym przypuszczał, że zamknięcie czołowe fałdu musi znajdować się niedaleko ku północy.

W początku lat sześćdziesiątych ukazały się prace Kotańskiego (1961, 1963) dotyczące tektoniki wierchowej części Tatr, oparte na szczegółowych badaniach terenowych autora i jego magistrantów. Prace te w nowy sposób oświetlają genezę struktur wierchowych w Tatrach. Ich tezą naczelną jest koncepcja grawitacyjnego spływania jednostek wierchowych, której przyjęcie odbiło się na konstrukcji przekrojów geologicznych (fig. 5) i na obrazie paleogeografii Tatr. Zdaniem Kotańskiego poprzeczne undulacje trzonu powstały w pierwszej fazie subhercyńskich ruchów orogenicznych, a do powstałych depresji spłynęły grawitacyjnie jednostki wierchowe, przy czym pogląd na wiek undulacji poprzecznych jest w istocie postulatem, wynikającym z przyjęcia grawitacyjnej koncepcji powstania struktur wierchowych. I tak wg Kotańskiego dowodem uprzedniego istnienia depresji Goryczkowej ma być zróżnicowany kierunek nasunięcia jednostek Czerwonych Wierchów i Giewontu z jej skłonów: fałd Czerwonych Wierchów nasuwał się z SSW, a fałd Giewontu z SSE. Zjawisko przeciwstawnych zmian w rozwoju fałdów zachodzących wzdłuż ich przebiegu zauważył już Rabowski, interpretując je jednak jako efekt kompensacji tektonicznej polegającej na wytłoczeniach. Kotański uznał, że fałdy wierchowe spłynęły jedynie w obręb depresji i nie miały ze sobą żadnego związku, a łączenie ze sobą poszczególnych fałdów z obu głównych depresji (Goryczkowej i Szerokiej Jaworzyńskiej) nie ma żadnego uzasadnienia. Występujące na ele-

wacjach fragmenty serii wierchowych są tylko porwakami wyrwanymi z podłoża i przywleczonymi przez płaszczowiny reglowe.

W świetle poglądów Kotańskiego mechanizm powstania struktur wierchowych wygląda następująco. W fazie subhercyńskiej w centralnej części geosynkliny karpackiej — w ojczyźnie płaszczowin reglowych — w wyniku istnienia określonego systemu prądów wgłębnych powstały nabrzmienia (geotumory), na zboczach których zaczęły się rozwijać spływy grawitacyjne. Geotumory te zaczęły wędrować ku północy powodując przesuwanie się płaszczowin reglowych. Przed dotarciem płaszczowin reglowych do obecnie zajmowanego miejsca, na zboczach podobnych geotumorów wierchowych powstały grawitacyjne fałdy wierchowe, które wypełniły depresje transwersalne.

Dla dyskusji nad genezą i charakterem jednostek wierchowych zasadnicze znaczenie ma tektonika obszaru, który odegrał kluczową rolę w odcyfrowaniu budowy geologicznej i tektogenezy wierchowej części Tatr, tj. obszaru Czerwonych Wierchów i Giewontu. Zdaniem Kotańskiego określenia „fałd Czerwonych Wierchów” i „fałd Giewontu” mają już znaczenie wyłącznie tradycyjne, gdyż są to w istocie wielkie łuski grawitacyjne nie posiadające skrzydeł brzusznych, powstałe w procesie odkłucia. Fałd Czerwonych Wierchów składa się z dwu fałdów synklinalnych — Organów i Żdzarów, a w ich spągu znajdują się porwaki skał urgonu przywlezione przez tę jednostkę i nasunięte na monoklinalnie leżącą kredę pokrywy autochtonicznej (fig. 5). Poniżej fałdu Giewontu znajduje się rozwleczony fałd Małej Łąki powstały na drodze wleczenia fałdu synklinalnego Organów przez fałd Giewontu. Skręt Stołów w autochtonie osadowym, widoczny w Dolinie Tomanowej Liptowskiej, nie jest skrętem korzeniowym fałdu Czerwonych Wierchów, jak uważał Rabowski, ale powstał pod naciskiem fałdów Czerwonych Wierchów i Giewontu i jest przez ten ostatni rozwleczony w postaci parautochtonicznego fałdu Stołów.

Poglądy Kotańskiego omawiane są także w szeregu późniejszych prac i zilustrowane przekrojami geologicznymi zamieszczonymi w przewodniku LI Zjazdu PTG w Tatrach w 1979 r. (fig. 5) i na mapie geologicznej Tatr Polskich w skali 1 : 30 000 z tegoż roku.

Analiza materiałów ze szczegółowych prac prowadzonych w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych w masywie Czerwonych Wierchów pozwala obecnie na wyciągnięcie wniosków różniących się od poglądów Kotańskiego.

Z prac Kostiukowa (1963) i Grochockiej-Rećko (1963) wynika, że w paśmie kredy ciągnącym się w najwyższej części kotła Mułowego i Litworowego i w Wyżniej Świstówce, pod szczytami Czerwonych Wierchów, margle albu przechodzą w oba ograniczające je pasy urgonu poprzez wapienie glaukonitowe, nie występujące co prawda w postaci ciągłej warstwy, ale w dostatecznie wielu miejscach, aby przyjąć ich pier-

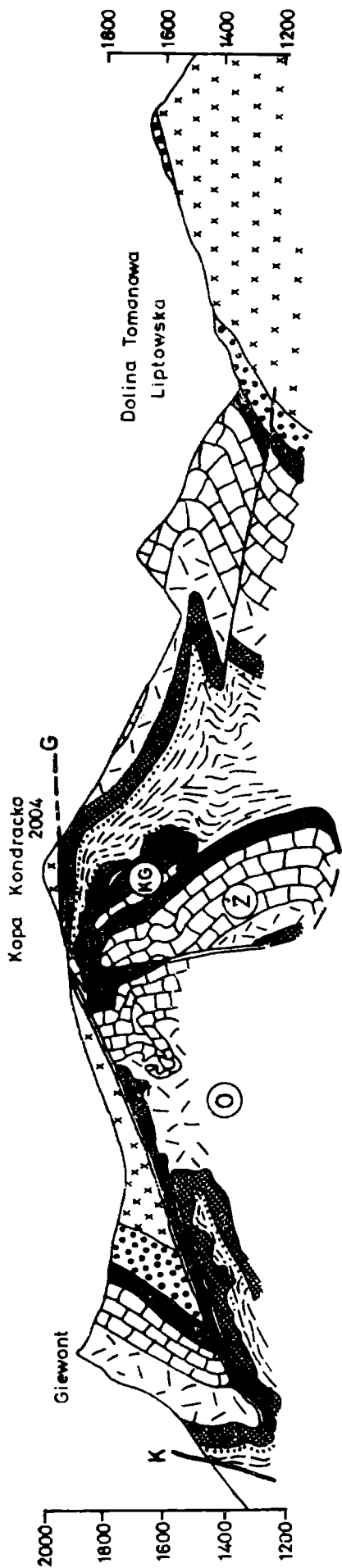


Fig. 6. Przekrój jednostek wierchowych na linii Giewont—Kopa Kondracka, z uwzględnieniem przekrojów F. Rabowskiego i Z. Kotańskiego oraz danych K. Grochockiej-Rečko i M. Sygowskiego. Objaśnienia przy fig. 8 A

Fig. 6. Section of the High-Tatra units along the line Giewont—Kopa Kondracka (based on sections of F. Rabowski and Z. Kotański and on data of K. Grochocka-Rečko and M. Sygowski). Explanations as for Fig. 8 A

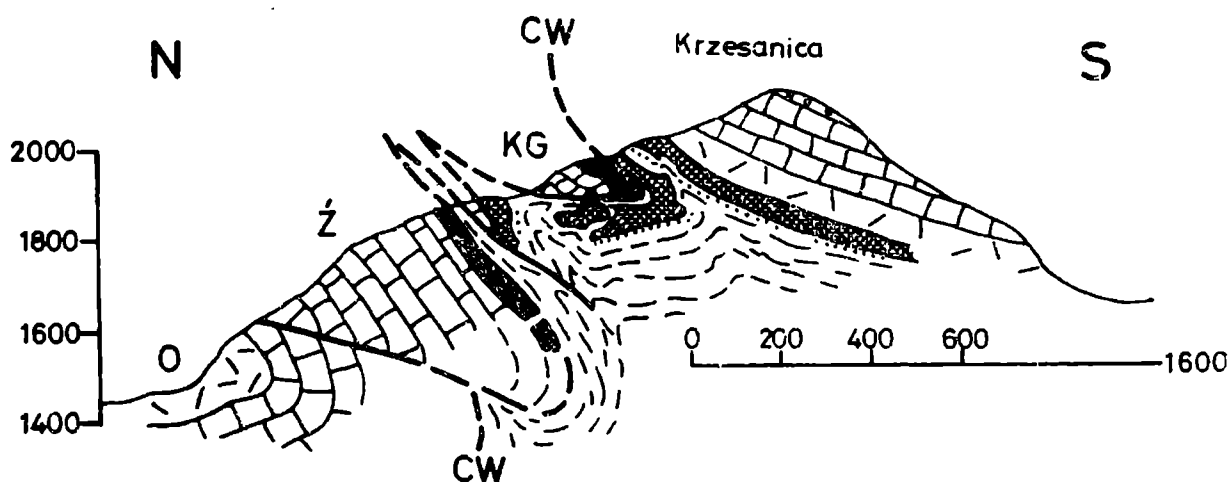


Fig. 7. Przekrój Koziego Grzbietu w najwyższej części Doliny Miętusiej, wg danych F. Rabowskiego, J. M. Kostiukowa i M. Sygowskiego. Objaśnienia przy fig. 8 A

Fig. 7. Section of Koziego Grzbiet in the uppermost part of the Miętusia Valley (after data of F. Rabowski, J. M. Kostiukow and M. Sygowski). Explanations as for Fig. 8 A

wotny kontakt sedymentacyjny (fig. 6 i 7). Na przedłużeniu tego pasa kredy, w górnej części Wąwozu Kraków, podobny kontakt sedymentacyjny i przegub synklinalny w warstwach kredowych wykazał Sygowski (1973) — fig. 8. Z zestawienia materiałów Sygowskiego, Doktora (1969) i Brodali (1969) wynika, że antyklina Czerwonych Żlebków (antyklina III/IV Rabowskiego) jest w najwyższej części ścięta przez jednostkę Czerwonych Wierchów (fig. 8), a urgon z normalnego skrzydła tej antykliny tworzy dalej ku południowi synklinę kredową, przechodząc jednocześnie w stronę szczytu Ciemniaka w odwrócone warstwy tzw. „fałdu Stołów”, w tym miejscu złuskiwanego. Urgan odwróconego skrzydła synkliny otacza następnie dolny trias jednostki Czerwonych Wierchów (jego elementu o synklinalnej budowie nazwanego przez Sygowskiego elementem Koziego Grzbietu) pod Tomaniarskim Twardym Uplazem, a niżej pod elementami Żdziarów i Organów tej jednostki.

Badania Krajewskiego (1980) wykazały, że kreda Pisanej w rejonie Kamiennego Zadniego i Uplazkowej Przełęczy wykazuje budowę synklinalną (fig. 8). Urgan spod jednostki Czerwonych Wierchów przechodzi poprzez piaskowce i wapień glaukonitowe w margle albu-cenomanu, podobnie jak urgon autochtonicznej pokrywy osadowej. W centralnej części synkliny pojawiają się warstwy piaskowców, najprawdopodobniej wieku dolnoturońskiego. W niższej części, w rejonie hali Pisanej, pod jednostką Czerwonych Wierchów margle albu-cenomanu odwróconego skrzydła synkliny są zredukowane tektonicznie i z piaskowcami turonu kontaktują bezpośrednio wapień urgoński odwróconego skrzydła synkliny. Podobne stosunki panują na drugiej stronie Doliny Kościeliskiej pod Stołami (Bac-Moszaszwili, Gaździcki, Krajewski 1979 w: Przewodnik LI Zjazdu PTG).

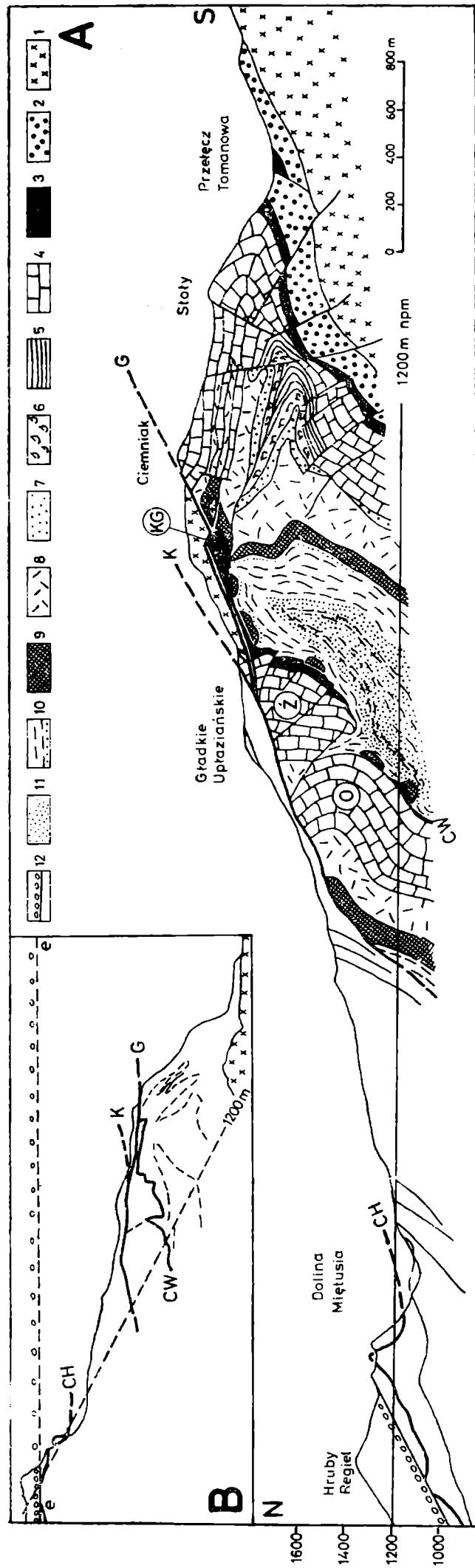


Fig. 8. Tektonika wschodniego zbocza Doliny Kościeliskiej. A. Przekrój jednostek wierzowych na linii Ciemniak—Gładkie Upraziańskie, z uwzględnieniem przekrojów F. Rabowskiego, Z. Kotańskiego, M. Bac i K. Grochockiej oraz danych S. Doktora, W. Brodali, W. Jaroszewskiego, M. Sygowskiego, J. Grodzickiego i K. Krajewskiego. CW — jednostka Czerwonych Wierchów; O — element Organów, Z — element Żdziarów, KG — element Koziego Grzbietu; G — jednostka Giewontu; K — płaszczowina krizniańska; CH — płaszczowina chochańska. 1 — skały krystaliczne, 2 — wersen, 3 — kampil, 4 — trias środkowy, 5 — kajper, 6 — retyk, 7 — lias, 8 — malm i neokom, 9 — urgon, 10 — margle albu-cenomanu (u podstawy piaskowce glaukonitowe), 11 — piaskowce (d. turon?), 12 — eocen. B. Rekonstrukcja położenia jednostek wierzowych przed trzeciorzędowym wyniesieniem Tatr (przy przyjęciu równomiernej rotacji północnej części Tatr w czasie tego wyniesienia). e—e — poziom transgresji eocenu

Fig. 8. Structure of eastern slope of the Kościeliska Valley. A — section of High-Tatra units along the line Ciemniak—Gładkie Upraziańskie (based on sections of F. Rabowski, Z. Kotański, M. Bac, and K. Grochocka and data of S. Doktor, W. Brodala, W. Jaroszewski, M. Sygowski, J. Grodzicki and K. Krajewski). High-Tatra zone: CW — the Czerwone Wierchy unit, O — element of Organy, Z — element of Żdziary, KG — element of Kozio Grzbiet, G — the Giewont unit; Sub-Tatra zone: K — Krizna nappe, CH — Choć nappe. 1 — crystalline rocks, 2 — Werfenian, 3 — Campilian, 4 — Middle Trias, 5 — Keuper, 6 — Rhaetic, 7 — Lias, 8 — Malm and Neocomian, 9 — Urganian, 10 — marls of Albanian-Cenomanian (glauconitic sandstones at the base), 11 — sandstones (Turonian?), 12 — Eocene. B — restored position of High-Tatra units before Tertiary uplift of the Tatra Mts (assuming a uniform rotation of northern part of the massif during that uplift). e—e — level of Eocene transgression

Jeśli wziąć pod uwagę podany już wyżej fakt, że urgon występujący pod jednostką Czerwonych Wierchów w kotłach Mułowym, Litworowym i Wyżniej Świstówce (fig. 6 i 7) nie jest pasmem porwaków, ale odwróconym skrzydłem synkliny w warstwach kredowych, dochodzi się do wniosku, że podobnie jak w Dolinie Kościeliskiej jest to część dużej synklinalnej struktury występującej pomiędzy autochtonem osadowym a jednostką Czerwonych Wierchów. Synklina ta uległa w swej górnej części silnym deformacjom w związku z nasuwaniem się jednostki Czerwonych Wierchów i rozbitiem tej jednostki na podrzędne elementy tektoniczne (Organów, Żdziarów i Koziego Grzbietu)*.

Jednostka Czerwonych Wierchów nie posiada skrzydła brzuszego, a w jej spągu występują warstwy kampilu lub triasu środkowego. Jest ona natomiast rozbita na wymienione wyżej elementy, przy czym rozbitcie to nastąpiło niewątpliwie już w obrębie jednostki o budowie monoklinalnej. Obecność w elemencie Organów wielkiej synkliny Organów — Małej Łąki, a także synklinalna budowa elementów Żdziarów i Koziego Grzbietu pozwalają przypuszczać, że nie było to rozbitcie blokowe, związane tylko z tworzeniem się uskoku, ale sfałdowanie tej jednostki w procesie jej szariażu. Sfałdowanie to nastąpiło już po nasunięciu na synklinę kredową i stropowa część tej synkliny uformowała się w odtwarzające kształt obecnego spągu jednostki Czerwonych Wierchów „fałdy polisyntetyczne” (Kotański 1963).

Skreć Stołów i towarzyszące mu sfałdowania i złuskiowania wewnętrzne oraz synklina Pisanej ze wszystkimi jej komplikacjami znajdują się poniżej jednostki Czerwonych Wierchów. Do wniosku, że „fałd Stołów” znajduje się poniżej jednostki Czerwonych Wierchów doszedł Sygowski (1973), uzasadniając jednocześnie, że nie może on być skretem korzeniowym tej jednostki, którym wiązałyby się ona bezpośrednio z autochtonem osadowym, jak sądził Rabowski (1959), a za nim Książkiewicz (1972). Pozycja „fałdu Stołów” hipsometrycznie ponad południowymi częściami jednostki Czerwonych Wierchów związana jest z ich wspólnym obaleniem w procesie tworzenia się „fałdów polisyntetycznych”, a być może także w czasie nasuwania się jednostki Giewontu. W masywie Kopy Kondrackiej „fałd Stołów” znajduje się pomiędzy jednostkami Czerwonych Wier-

* Elementy (jednostki, fałdy synklinalne) Organów i Żdziarów w masywie Czerwonych Wierchów zostały zdefiniowane przez Kotańskiego (1961, 1963). Element (jednostka) Koziego Grzbietu, również o budowie synklinalnej, została wydzielona z jednostki Żdziarów przez Sygowskiego (1973) w nieopublikowanej pracy magisterskiej. Jest to najbardziej południowa część jednostki Czerwonych Wierchów (fig. 8), zbudowana z warstw dolnego i środkowego triasu, oddzielona od elementu Żdziarów w Wyżniej Świstówce uskoku o charakterze podobnym do dyslokacji Organów (fig. 6), a na Kozim Grzbiecie pod Krzesanicą i w masywie Ciemniaka stanowiąca obecnie izolowany blok skał triasowych wciśnięty w kredę (fig. 7). Na Mapie Geologicznej Tatr (1979) element ten jest oddzielony od elementu Żdziarów linią nasunięcia, zgodnie z sugestiami Sygowskiego.

chów i Giewontu w związku ze zdeformowaniem i złuskowaniem całej południowej części jednostki Czerwonych Wierchów przez jednostkę Giewontu w tym rejonie.

Jednocześnie trzeba wyraźnie powiedzieć, że nie jest możliwe, aby tak wielkie struktury fałdowe w obrębie autochtonu osadowego i jednostki Czerwonych Wierchów, a także wtórne sfałdowania całej struktury, mogły być rezultatem wyłącznie procesu „ciągnięcia” czy „rozwleczenia” przez grawitacyjnie pełznące wyższe jednostki.

Już dawno temu wykazano doświadczalnie (Ramberg 1963, Ghosh 1966), że tzw. „ciągnięcie” związane z tarciem na granicy warstw o różnej podatności nie jest zdolne do utworzenia nawet drobnych fałdów międzyławicowych; może ono co najwyżej nadać jednokierunkową wergencję fałdom utworzonym wcześniej. Tym bardziej dotyczy to dużych mas, w obrębie których istnieje obfitość powierzchni o osłabionej spójności, ułatwiających poślizgi, a więc rozładowanie naprężeń ścinających bez energochłonnego procesu fałdowania. Ponadto warto zauważyć, że gdyby fałd Czerwonych Wierchów był łuską grawitacyjną, która ześlizgnęła się wzdłuż plastycznych warstw kampilu, to obecność licznych fragmentów wapieni urgonu w spągu masy triasowej byłaby mechanicznie niewytłumaczalna. Mogą one być związane jedynie ze skrzydłem grzbietowym synkliny Pisanej.

W Dolinie Małej Łąki (fig. 6) leżąca pod jednostką Giewontu synklina w elemencie Organów nigdy nie była kwestionowana. Urgon jej górnego skrzydła będący w ciągłości sedymentacyjnej z nizejległym albem tworzy ciągły, okazałych rozmiarów pas poniżej nasuniętej jednostki Giewontu i nie jest przez nią „rozwleczony”. Bezpośrednio w spągu jednostki Giewontu ciągnie się natomiast pasmo warstw kampilu. Pasma to nie może być, jak przedstawia na swoich przekrojach Kortański, w części południowej rozwleczonymi warstwami ze spągu elementu Organów, a w pobliżu czoła jednostki Giewontu — przedłużeniem warstw leżących normalnie w obrębie tej jednostki. Ten jednolity pas warstw kampilu należałoby w całości wiązać ze strukturą jednostki Giewontu.

Na osobną uwagę zasługują elementy wierchowe na obszarach elewacji poprzecznych, zwłaszcza najdłuższy z nich — jednostka Świerkul, ciągnąca się ponad synklinalnym pasem albu na obszarze elewacji Kominów Tylkowych. Jedyne dotychczas kompletne opracowanie tej jednostki (Jaroszewski 1957) przyniosło dowody, że jest to struktura niegdyś jednolita, o pierwotnych założeniach fałdowych, w porządku paleogeograficznym zajmująca pozycję pośrednią między serią Kominów Tylkowych i serią Czerwonych Wierchów. Późniejsze interpretacje, według których Świerkule są jedynie porwakami płaszczowiny kriżniańskiej (Kortański 1961) nie podważyły przedstawionej argumentacji, w związku z czym pogląd wcześniejszy trzeba uznać za aktualny. Naturalnie obecna struktura Świerkul, będąca produktem intensywnej przekształceń struktury pier-

wotnej dokonanych u podstawy płaszczowiny kriżniańskiej, nie stanowi fałdu w słownikowym znaczeniu tego terminu, ale też nie o to chodziło w cytowanym opracowaniu (Jaroszewski 1957). Istotne jest to, że mimo wszystko zachowały się w Świerkulach wyraźne ślady pochodzenia fałdowego tej jednostki, m.in. w postaci antyklinalnej sekwencji ogniów (z dobrze wykształconą serią odwróconą w skrzydle brzuszonym, co w Tatrach jest rzadkością) oraz niezwyklej, jak na tak wąski element, stałości głównych cech budowy w kierunku podłużnym. Stwierdzenia te, które niegdyś zdawały się mieć znaczenie lokalne, nabierają teraz szczególnej wymowy, gdyż świadczą, że samoistne jednostki wierchowe tworzyły się także poza obszarami depresji poprzecznych oraz, że o powstaniu przynajmniej niektórych z nich przesądził proces fałdowania.

Jest rzeczą znaną, że w drugim „elewacyjnym” stanowisku przemieszczonych jednostek wierchowych w Tatrach Polskich — na Małej Koszycy, mimo szczątkowego charakteru występujących tam elementów, również napotykały odwrócone położenie warstw (Głazek 1959), a zatem na możliwy ślad wcześniejszej struktury fałdowej. W tym przypadku co prawda można by ten objaw interpretować jako skutek wtórnych odkształceń spowodowanych przez nasunięcie kriżniańskie, jednakże dyskordantny stosunek powierzchni tego nasunięcia do warstw wierchowego podłoża zdaje się temu przeczyć. Zresztą, wyniki nowszych badań nad strefą nasunięcia kriżniańskiego (Bac-Moszaszwili et al. 1981) przemawiają za tym, że mechaniczno-egzaracyjna funkcja płaszczowiny kriżniańskiej względem podłoża była w Tatrach dotychczas poważnie przeceniana.

W świetle powyższych faktów i rozważań teoretycznych pojawia się potrzeba reinterpretacji przekrojów tatrzańskich, a tym samym krytycznego rozpatrzenia całej koncepcji tektoniki grawitacyjnej w wierchowej strefie Tatr.

Koncepcja ta już dawno spotkała się ze sprzeciwami. Krytycznie wypowiedzieli się w tej sprawie Gorek i Veizer (1965), zwracając uwagę, że obecność jądra krystalicznego w fałdzie Giewontu zdecydowanie przeczy tej hipotezie. Oderwanie mas krystalicznych z trzonu Tatr wymagało silnych nacisków tangencjalnych i jest nie do pogodzenia z tektoniką spływową. Koncepcję grawitacyjną krytycznie ocenił też Andrusov (1968). Książkiewicz (1972) zakwestionował pogląd, że undulacje transwersalne powstały przed sfałdowaniem serii wierchowej, jako założenie nie w pełni udokumentowane. Głównym argumentem tektoniki spływowej są kierunki nasunięć jednostek: Czerwonych Wierchów z SSW, a Giewontu z SSE. Ta rozbieżność kierunków, zdaniem Książkiewicza, mogłaby powstać nawet wtedy, gdyby fałdy utworzyły się przed powstaniem depresji i zostały synklinalnie wygięte w depresję poprzeczną o osi dźwigającej się ku południowi. Centralne ułożenie fałdu Szerokiej Jaworzyńskiej w obrębie drugiej walnej depresji nie wskazuje również, że fałd ten spływał ze zboczy, ale przemawia za nasunięciem z południa. Nie ma żadnych dowo-

dów na istnienie geotumoru, który by wędrował z południa ku północy. Obecne nachylenie powierzchni nasunięć jest wynikiem popaleogeńskiego dźwignięcia Tatr; jeśli efekt tego dźwignięcia odjąć, to okaże się, że pierwotnie powierzchnie te leżały prawie poziomo (fig. 8 B). Nie było więc przesłanek dla grawitacyjnego transportu ku północy. Jednostka Czerwonych Wierchów wykazuje duży stopień plastyczności, nie ma więc podstaw do przypuszczenia, że procesy fałdowe nie towarzyszyły rodzeniu się jednostek wierchowych. Jest prawdopodobne, że skały krystaliczne zostały włączone w obręb tych fałdów przy udziale dyslokacji o charakterze uskoków odwróconych, które wyodrębniły fragmenty trzonu krystalicznego w formie płatów, klinów lub nawet bloków uskokowych (por. Gorrek, Veizer 1965). Jednakże do utworzenia tego typu dyslokacji, podobnie jak do związanego z nim fałdowania, niezbędne jest skrócenie poziome i także kompresja.

Prócz wymienionych argumentów obserwacyjnych, przyjęciu siły ciężkości za główny czy wręcz jedyny czynnik transportu mas wierchowych sprzeciwiają się też pewne względy teoretyczne. We współczesnej tektonice szeroko aprobowane są dwa mechanizmy nasunięć grawitacyjnych: klasyczny mechanizm Hubberta-Rubeya (1959), oparty na zmniejszeniu kohezji i tarcia przez anormalne ciśnienie wód porowych w rejonie powierzchni ześlizgu, oraz mechanizm Price'a (1973) — Elliotta (1976) — Ramberga (1977), odwołujący się do praw pokrewnych prawom ruchu lodowców. W pierwszym przypadku jedyną prawdopodobną formą strukturalną jest płaszczowina z odkłucia o prostej, niefałdowej strukturze wewnętrznej, na dużych przestrzeniach oparta o jeden horyzont litologiczny; wszelkie jednoczesne fałdowanie i dyslokowanie, jako procesy konsumujące wielkie ilości energii, zmuszają do przyjęcia nierealistycznie wielkich kątów powierzchni ześlizgu (por. Jaroszewski 1980). Rzut oka na przekroje przez wierchową strefę Tatr wystarcza, aby odrzucić tę hipotezę, nawet uwzględniając (problematyczne zresztą) gruntowne przeobrażenia struktury wierchowej przez szariaże reglowe. Powierzchnia spągowa jednostek wierchowych ma w wielu miejscach charakter typowej powierzchni ze ścinania, tnącej dyskordantnie różne ogniwa litologiczne, istnienie zaś intensywnych, autonomicznych deformacji wewnętrznych mas wierchowych nie budzi żadnych wątpliwości, nawet jeśli nie uwzględniać kwestii włączenia w ich obręb elementów krystalicznych. Te same w istocie zastrzeżenia odnoszą się do możliwości ześlizgu grawitacyjnego na podłożu z plastycznego „smaru”, którego obecność u podstawy jednostek przemieszczanych przyjmowali już klasycy geologii alpejskiej.

Mechanizm quasi-lodowcowy ma inne ograniczenia. Wariant Elliotta (1976), najlepiej uzasadniony pod względem teoretycznym, wymaga ok. 5-kilometrowej miąższości początkowej mas transportowanych, co w przypadku tatrzańskich serii wierchowych nie wchodzi w rachubę. Inne warianty również opierają się na założeniu wysokiego spiętrzenia mas

w osiowej części górotworu, skąd mogą się one grawitacyjnie „rozpływać” na obie strony, jednocześnie ulegając fałdowaniu. Pomijając już fakt jednolitego kierunku transportu tektonicznego w Tatrach i w ich południowym sąsiedztwie, warto zwrócić uwagę, że spiętrzenie mas w rozpatrywanej koncepcji ma charakter regionalny i jest związane z procesami magmowo-metamorficznymi w centrum orogenu, co w alpejskim okresie rozwoju Tatr i pokrewnych im masywów słowackich nie miało miejsca. Model quasi-lodowcowy można brać pod uwagę w stosunku do południowokanadyjskich Gór Skalistych lub skandynawskich kaledonidów — górotworów rozległych, o rozwoju eugeosynklinalnym; do Tatr (Tatrydów), których jednostki wierchowe stanowią drobne fragmenty uformowane i lokalnie przemieszczone na skonsolidowanym podłożu krystalicznym, model ten nie może mieć zastosowania.

Jak wynika z powyższych uwag, struktura fałdowa jakichś jednostek allochtonicznych nie wyklucza grawitacyjnego czynnika transportu, ale w konkretnych tatrzańskich warunkach czyni go nieprawdopodobnym. Odwrotna zależność jednak nie zachodzi: „łuskowa” czy bryłowa budowa bynajmniej nie dowodzi genezy grawitacyjnej. W literaturze tatrzańskiej nierzadko te rzeczy się myli, pisząc o „stylu grawitacyjno-łuskowym” itp. Fakt, że wierchowe jednostki przemieszczone są często pozbawione skrzydeł brzusznych był już znany pionierom teorii płaszczowinowej w Tatrach, co zgodnie z ówczesną konwencją alpejską nie przeszkadzało im mówić o fałdach. Terminologia ta, ze względu na tradycję podtrzymywana początkowo przez Kotańskiego (1963), jest jednak trudna do utrzymania, gdyż termin „fałd” w żadnym współczesnym systemie terminologicznym nie odnosi się do genezy struktury, a tylko do jej stanu obecnego. Kiedy indziej w Tatrach mówiono o płaszczowinach wierchowych i ten termin jest obecnie najczęściej w użyciu. Wypada jednak zauważyć, że termin „płaszczowina” definiuje się we współczesnej literaturze głównie w oparciu o amplitudę, w przypadku zaś wierchowych elementów przemieszczonych amplitudy nie są znane. Z tych powodów dla „fałdów” Czerwonych Wierchów i Giewontu najwłaściwszy wydaje się neutralny termin „jednostka”. W razie przyjęcia tego terminu trzeba odstąpić od stosowania go dla łuskowych i blokowych fragmentów pozbawionych samodzielności tektonicznej, takich jak „jednostki” Żdziarów i Organów. Tego rodzaju fragmenty należałoby nazywać elementami.

Rozważania przeprowadzone powyżej prowadzą do wniosku, że jednostki wierchowe Tatr Polskich mają rozmaite (zresztą podłużnie zmienne) formy strukturalne, na ogół nie odpowiadające pojęciu fałdu, ale wywodzące się z procesu fałdowania, dokonanego pod wpływem poziomej kompresji. Kompresja ta musiała też być główną przyczyną transportu owych jednostek wraz z ich elementami krystalicznymi. Siła ciężkości mogła w tym transporcie (zwłaszcza na końcowym odcinku) pomagać (por. Książkiewicz 1972), ale mogła też przeszkadzać — tam, gdzie masy były

przemieszczane na przeciw kierunku spadku podłoża, ewentualnie także na przeciw kierunku spadku własnej powierzchni górnej. W obrębie walnej depresji Goryczkowej-Jawora czynnik grawitacyjny miał zapewne jakiś udział w ogólnym mechanizmie szariażu i tym tłumaczą się pewne przejawy dostosowania kierunków transportu do orientacji skłonów tej depresji (zob. np. Burchart 1963). Nie zmienia to jednak faktu, że podstawowym czynnikiem zarówno fałdowania strefy wierchowej, jak i przemieszczenia wyodrębnionych przez fałdowanie struktur był nacisk stychny.

Odpowiedź na pytanie, w jaki sposób taki nacisk mógł się wywiązać i przynieść obserwowane efekty w obrębie osadów leżących na skonsolidowanym podłożu krystalicznym, wymaga znacznie szerszej, regionalnej analizy. Tu wypada tylko podkreślić, że sytuacja taka nie jest czymś nadzwyczajnym i bynajmniej nie wymaga przyjęcia grawitacji jako głównej siły motorycznej. Ostatnio pojawia się coraz więcej dowodów na to, że nawet na obszarze starych platform istniała pokaźna ruchliwość tektoniczna w płaszczyźnie poziomej (zob. np. Walejew et al., 1977).

Osobnym, niełatwym aspektem rozpatrywanej problematyki jest pytanie, jaki był mechanizm częściowej lub całkowitej redukcji skrzydeł fałdów wierchowych. Sądząc z danych Krajewskiego (1980; por. fig. 8), w synklinie Pisanej uległo redukcji głównie skrzydło grzbietowe. Jest prawdopodobne, że w podatnych utworach środkowej kredy proces ten miał charakter mechanicznego wytarcia, a także kompaktacji. Inaczej w jednostkach o genezie antyklinalnej, cechujących się przewagą niepodatnych ogniów węglanowych: członem usuniętym lub silnie zredukowanym jest tu zwykle skrzydło brzuszne. Fakt częstego podścielenia tych jednostek przez smugę łupkowo-węglanowych utworów kampilu sugeruje, że ewolucja fałdów przebiegała w kierunku ścięcia wzdłuż strefy osiowej, a następnie poślizgu skrzydła górnego po dolnym, ułatwionego właśnie przez podatne ogniwa wyższej części dolnego triasu (fig. 9). Ogniwo piaskowcowo-kwarcytyczne i skały krystaliczne — składniki o znacznie mniejszej podatności — na ogół nie doznawały tak głębokiego wciągnięcia w strukturę fałdu i w pewnym stopniu uniezależniały się odeń, w wyniku czego w niektórych partiach obecnej struktury są w ogóle nieobecne. Prawdopodobnie zachodził więc znany klasykom teorii płaszczowinowej proces „wyprzedzania” brzusznych skrzydeł antyklin i ich partii jądrowych przez zluźnione skrzydła grzbietowe. Brak skrzydła brzuszego w obecnym obrazie może więc być w niektórych przypadkach po prostu skutkiem owego „wyprzedzania”, a nie mechanicznej redukcji. Nie ulega jednak wątpliwości, że redukcje, i to znaczne, w wielu miejscach występowały. Zbadanie ich mechanizmu jest osobnym, interesującym zadaniem tektonicznym. Tu można wysunąć sugestię, że sporą rolę w tych procesach odgrywało rozpuszczenie pod ciśnieniem, którego wyraźne przejawy są widoczne w elemencie Ździarów (Jaroszewski 1980, ryc. 133) i które osiąga-

nęło znaczną intensywność w strefie nasunięcia kriżniańskiego (Jaroszewski 1982).

Jak wynika z powyższych rozważań, istnieje potrzeba ponownego ożywienia badań nad tektoniką jednostek wierzchowych w Tatrach. Dotychczasowe wyniki świadczą o tym, że generalna koncepcja tej tektoniki, któ-

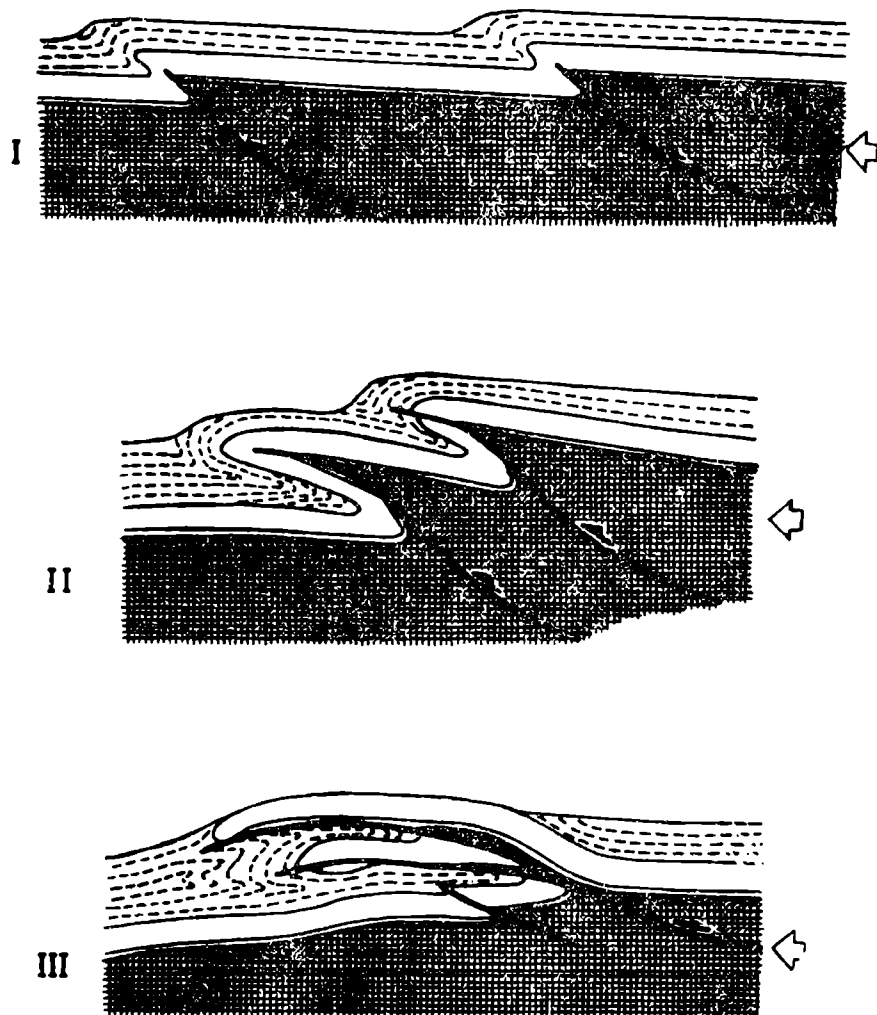


Fig. 9. Schemat rodzenia się tatrzańskich jednostek wierzchowych w polu poziomej kompresji. Kratka — podłoże krystaliczne, pozostałe wydzielenia — różne ogniwa wierzchowej pokrywy osadowej

Fig. 9. Scheme of origin of High-Tatra tectonic units under horizontal compression. Check — crystalline substratum, other divisions — members of High-Tatra sedimentary cover

rá zawdzięczamy Ferdynandowi Rabowskiemu, zachowała po dziś dzień wartość, choć oczywiste jest, że jego przekroje muszą być poddane modyfikacjom i uzupełnieniom. Trwająca przez jakiś czas fascynacja koncepcją tektoniki grawitacyjnej pociągnęła za sobą deformacje prawdziwego obrazu tektoniki i tektogenezy Tatr. Przekroje wykonane pod wpływem tej koncepcji muszą ulec poważnej rewizji zgodnie z obserwowanymi

w terenie faktami. Trzeba też na nowo przemyśleć związane z nimi interpretacje.*

WYKAZ LITERATURY — REFERENCES

- Andrusov D. (1968), Grundriss der Tektonik der Nördlichen Karpaten. Bratislava.
- Bac-Moszaszwili M., Gamkrelidze I. P., Jaroszewski W., Schroeder E., Stojanov S. S., Tzankov Tz. V. (1981), Thrust zone of the Križna nappe at Stoły in the Tatra Mts (Poland). *Stud. Geol. Pol.* 68: 61—72.
- Bac-Moszaszwili M., Gaździcki A., Krajewski K. 1979, Trasa B-5 Dolina Lejowa—Stoły—Żleb Żeleźniak—Hala Pisana—Kiry. Przewodnik LI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego: 190—198. Warszawa.
- Brodala W. (1969), Budowa geologiczna Rzędów pod Ciemniakiem. Praca magisterska. Archiwum IGP UW. Warszawa.
- Doktor S. 1969, Budowa geologiczna rejonu Czerwonych Żlebków i Tomaniarskiego Twardego Upłazu pod Ciemniakiem w Tatrach Zachodnich. Praca magisterska. Archiwum IGP UW. Warszawa.
- Elliot D. (1976), The motion of thrust sheets. *Journ. Geophys. Res.* 81, 5: 949—963.
- Ghosh S. K. (1966), Experimental tests of buckling folds in relation to strain ellipsoid in simple shear deformations. *Tectonophysics* 3, 3: 169—185.
- Głazek J. (1959), Budowa geologiczna Koszystej w Tatrach. Geologiczeskoje strojenije Koszistoj w Tatrach. *Acta Geol. Pol.* 9, 2: 281—296.
- Gorek A., Veizer J. (1965), Der Charakter der alpinen Tektonik in der Hohen Tatra. *Geol. Sborn. Slov. akad. vied* 16, 2: 265—272.
- Grochocka-Rećko R. (1963), Budowa geologiczna Wyżniej Świstówki. Geology of Wyżnia Świstówka (Western Tatra). *Acta Geol. Pol.* 13, 2: 239—270.
- Hubbert M. K., Rubey W. W. (1959), Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. *Bull. Geol. Soc. Am.* 70, 2: 115—206.
- Jaroszewski W. (1957), Geologia pasma Świerkul. Geology of the Świerkule range in the Tatra Mountains. *Acta Geol. Pol.* 7, 4: 403—438.
- Jaroszewski W. (1980), Tektonika uskoków i fałdów. Warszawa.
- Jaroszewski W. (1982), Hydrotectonic phenomena at the base of the Križna nappe, Tatra Mts. *Alpine Structural Elements: Carpathian—Balkan—Caucasus—Pamir Orogenic Zone*: 137—148. Bratislava.
- Kostiukov J. M. (1962), Zdjęcie geologiczne Wielkiej Świstówki oraz kotła Mułowego i Litworowego. Geological mapping of Wielka Świstówka and the Mułowy and Litworowy cirques. *Acta Geol. Pol.* 13, 2: 223—238.
- Kotański Z. (1961), Tektogeneza i rekonstrukcja paleogeografii pasma wierchowego w Tatrach. Tectogénèse et reconstruction de la paléogéographie de la zone haut-tatrique dans les Tatras. *Acta Geol. Pol.* 11, 2—3: 187—476.
- Kotański Z. (1963), Nowe elementy budowy masywu Czerwonych Wierchów. New elements in the structure of the Czerwone Wierchy massif. *Acta Geol. Pol.* 13, 2: 149—199.

* Przekroje geologiczne zamieszczone w niniejszej pracy (fig. 6—8) są próbą przedstawienia jednostek wierchowych bez wprowadzania interpretacji ich budowy poniżej dna dolin (jak to czyniono na niektórych wcześniejszych przekrojach — zob. Kotański 1979 i in.) i bez sugestii genetycznych. Starano się przedstawić budowę części wierchowej Tatr w uproszczonej konwencji graficznej, uwzględniając wyniki szczegółowych prac zarówno Rabowskiego, Kotańskiego, jak i innych autorów.

- Kotanski Z. (1979), Trasa A-5 Kiry—Dolina Kościeliska—Brama Kraszewskiego—Hala Pisana—Wąwóz Kraków—Hala Smytnia—Hala Ornak—Dolina Kościeliska—Kiry. Przewodnik LI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego: 96—107.
- Krajewski K. (1980), Z badań sedymentologicznych utworów kredy wierchowej w Dolinie Kościeliskiej. *Prz. Geol.* 28, 11: 636—637.
- Książkiewicz M. (1972), Budowa geologiczna Polski t. IV, tektonika, cz. 3, Karpaty. Warszawa
- Limanowski M. (1911), Geologiczne przekroje przez wielki fałd Czerwonych Wierchów między Doliną Suchej Wody a Chochołowską w Tatrach. Coupes géologiques par le grand pli couché de Montagnes Rouges entre la vallée de la Sucha Woda et la vallée Chochołowska. *Rozpr. Pol. Akad. Um.* 51, 11, III: 41—80.
- Lugeon M. (1903), Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des Klippes des Carpathes. *Bull. Lab. Géol. Géogr. phys. Miner. Paleont.* 4.
- Mapa Geologiczna Tatr Polskich 1 : 30 000. Geological Map of the Polish Tatra Mountains 1 : 30 000. 1979. Warszawa.
- Price R. A. (1973), Large-scale gravitational flow of supracrustal rocks, Southern Canadian Rockies. In: Gravity and Tectonics, New York: 491—502.
- Rabowski F. (1931), Cztery przekroje geologiczne między Doliną Kościeliską a Doliną Kondratową. Quatre coupes géologiques entre les vallées de Kościeliska et de Kondratowa dans la Tatra. *Spraw. PIG* 6, 4: 742—751.
- Rabowski F. (1959), Serie wierchowe w Tatrach Zachodnich. High-tatric series in Western Tatra. *Pr. Inst. Geol.* 27. Warszawa.
- Ramberg H. (1963), Evolution of drag folds. *Geol. Mag.* 100, 2: 97—106.
- Ramberg H. (1977), Some remarks on the mechanism of nappe movement. *Geol. For. Förh.* 99, 2: 110—117.
- Sygowski M. K. (1973), Budowa geologiczna południowej części jednostki Żdzarów w Tatrach Zachodnich. Praca magisterska. Archiwum IGP UW. Warszawa.
- Świderski B. (1922), Korzenie leżącego fałdu Czerwonych Wierchów oraz nowe elementy budowy Tatr. Sur la géologie des Monts Tatra. Les racines du Grand pli couché de Czerwone Wierchy et les nouveaux éléments tectoniques du massif autochtone de la Tatra. *Rozpr. Pol. Akad. Um.* 61, 21, III: 67—80.
- Uhlig V. (1900), Geologie des Tatragebirges. II Th. Tektonik d. Tatragebirges. *Denkschr. Akad. Wiss. math.-nat. Kl.* 68.
- Walejew R. N., Gismatulin R. M., Szulikow E. S., Валеєв Р. Н., Гисматулин Р. М., Шуликов Э. С. (1977), О природе мѣлѣкой складчатости восточноєвропейской платформы. *Dokl. An SSSR* 233, 1: 196—199.

SUMMARY

Massif of Tatra Mts, the northernmost of all massifs of Central Carpathians, is composed of three tectonic zones: the crystalline core, Variscan as regards to its petrographic content, and two zones of Alpine supra-structure — the High-Tatra zone, parautochthonous in character, and the Sub-Tatra zone, containing two nappes.

Nature and origin of High-Tatra tectonic units are still a matter of debate. A pleiad of geologists studied them, and central sector of the High-Tatra zone — Czerwone Wierchy and Giewont area — has played

a key role in tectonic research of Tatras and whole Central Carpathians. This is just the area where fundamental controversy of Carpathian tectonics has been resolved during the International Geological Congress in Vienna (1903), when the nappe theory represented by Lugeon (fig. 1) has conquered against the traditional concept of autochthonous tectonics advocated by Uhlig (1900). The nappe theory has started to succeed in Carpathians when it has been ascertained, that crystalline cores of the High-Tatra units are underlain by sedimentary rocks.

A number of investigators inspired by the nappe idea continued detail tectonic research in Czerwone Wierchy and Giewont area, especially Limanowski (1911, fig. 2), Świdorski (1922) and Rabowski (1931, 1959). Particular services has rendered F. Rabowski, who has proved the existence of two separate High-Tatra units, named Czerwone Wierchy unit and Giewont unit. In his opinion these are overturned folds (with secondary complications) torn off from their roots on the area of crystalline core and thrust some kilometers to the north. The Giewont fold would be a higher unit, thrust over the Czerwone Wierchy fold (fig. 3, 4). In accordance with ideas of that time, the folding and tectonic transport were regarded to be a result of general shortening of geosyncline under horizontal compression, another consequence being an origin of two Sub-Tatra nappes and their thrusting over High-Tatra units.

Those tectogenetic ideas have been questioned by Kotański (1961, 1963). According to him, the units of Czerwone Wierchy and Giewont were not produced by compression and folding, but by gravitational décollement and sliding; they moved not one over another, but one next to other, being driven by gravitation down the slopes of a transversal depression of crystalline core of Tatra Mts. Consequently, the units had never a fold form: since the time of their origin they were slices without lower wing. Amplitude of the transport should be greater than it was believed so far due to a geotumore „wandering" across the geosyncline during Alpine movements. It was the gravitational concept that dominated in Polish literature on the Tatra Mts in 60-ties and 70-ties. The same concept has seriously influenced detail research of those years and a style of many geologic sections (fig. 5).

The present authors give now a revision of the concept of High-Tatra gravitational tectonics, both on basis of field data and theoretical considerations. Some counterarguments have been supplied long time ago, a.o. by Gorek and Veizer (1965). According to them the gravitational tectogenesis is not consistent with the existence of a large crystalline core inside the Giewont unit. As Książkiewicz (1972) has pointed out, present inclination of the thrust surfaces directed to the north has been caused by post-Paleogenic uplift of the Tatra massif; if the effect of that uplift is subtracted, the surfaces would be approximately horizontal. An analysis of some geological sections of the High-Tatra zone, made by the present

authors, shows that fold-type features are much more often there than it was suggested by adherents of gravitational concept. For example, in the Pisana belt of Cretaceous deposits (Kościeliska valley), which separates the Czerwone Wierchy unit from autochthonous cover of crystalline core, recent sedimentological works have proved evidently synclinal structure (Krajewski 1980, fig. 8 in present paper). On the other hand, evidences of anticlinal structure are known for a long time from the so-called Świerkule unit (Jaroszewski 1957). The authors present some sections of the High-Tatra zone prepared with no preliminary assumptions due to tectogenetic factors (fig. 6, 7, 8). In their opinion, although the units of Czerwone Wierchy and Giewont are not actual folds, nevertheless their structure cannot be explained without folding by compressional shortening. Crystalline rocks could have been included into those folds through some kind of reverse faulting, and then displacement of upper anticlinal wings over lower ones as well as tectonic reductions have caused the asymmetry of the units as is recently observed (fig. 9).

Some theoretical aspects also contradicts gravitational tectogenesis in the High-Tatra zone. As it can be concluded from the well-known studies on so-called drag folds (Ramberg 1963, Ghosh 1966), fold-type features of the High-Tatra units cannot be only secondary effect of the process of gravitational sliding of upper units over lower ones. If, on the other hand, the deformations were produced by general folding of the sliding sheets, the slope angles must have had unrealistic values, even if the movement itself were facilitated by Hubbert-Rubey's (1959) mechanism (and this is contradicted by discordant character of basal surfaces of the High-Tatra units). Quasi-glacial mechanisms of overthrusting (Price 1973, Elliot 1976, Ramberg 1977) cannot be taken into account because in the High-Tatra zone rock masses were not sufficiently piled up. Tectonic transport in this zone is local, unidirectional and has been accomplished on consolidated crystalline basement.

Observational and theoretical arguments mentioned above have lead the authors to conclusion, that for the origin of actual structure of the High-Tatra zone to be explained it is necessary to accept a substantial shortening under horizontal compression. In the light of recent knowledge on tectonics of crystalline areas, not excepting old platforms (Walejew et al. 1977), such a shortening is quite possible even if there is a massive crystalline substratum.