

MARIAN KSIĄŻKIEWICZ

O NIEKTÓRYCH SEDYMENTACYJNYCH STRUKTURACH FLISZU KARPACKIEGO

(Tabl. I—V i 2 fig.)

Treść: W ostatnich kilku latach prace Radomskiego (1958), Dżułyńskiego i Ślaczki (1959) oraz Birkenmajera (1958) przyniosły wiele nowych spostrzeżeń nad strukturami sedymentacyjnymi, rozwiniętymi na powierzchniach ławic piaskowców fliszowych, pomnażając wybitnie to, co opisali autorzy zagraniczni z innych obszarów fliszowych (Grossheim 1946, Wassojewicz 1951, Kuenen 1957 itd). Do tych spostrzeżeń pragnę dorzucić kilka własnych obserwacji nad niektórymi strukturami dolnych powierzchni ławic fliszowych.

1. ORIENTACJA BATYSYFONÓW¹

Zorientowane ułożenie resztek organicznych jest notowane z wielu osadów różnego typu. Orientację graptolitów stwierdził Ruedemann (1894), a skorupki małżów w utworach typu fliszowego zauważyli Kuenen i Sanders (1956), Natland (1957) zaś dostrzegł zorientowane ułożenie skorupki małych otwornic w osadach przypuszczalnie złożonych prądami zawiesinowymi. Crowell (1955) stwierdził też równoległe do prądu ułożenie fragmentów roślinnych.

We fliszu karpackim, pomijając detryt roślinny, resztek organicznych w piaskowcach jest niezmiernie mało, nic więc dziwnego, że spostrzeżeń nad zorientowanym ułożeniem skamieniałości nie zrobiono. Dlatego warto zaznaczyć, że w niektórych przypadkach można zauważyć równoległe ułożenie rurek batysyfonów, dość często występujących na dolnych powierzchniach ławic piaszczystych, a w ogóle częstych w osadach fliszu karpackiego. Zazwyczaj batysyfony występują przylepione do dolnych powierzchni ławic piaskowców w sposób zupełnie dowolny, chociaż wydaje się, że prawie zawsze zostały one oderwane od dna, na którym żyły, i przemieszczone, są one bowiem zawsze połamane.

Jedno ze stanowisk zorientowanych batysyfonów znajduje się w okolicy Tabaszowej, na zachodnim brzegu Jeziora Rożnowskiego, w serii ciemnych łupków nadścielających zwarty kompleks piaskowców istebniańskich dolnych. Z tej okolicy, z przeciwnego brzegu jeziora występowanie batysyfonów podaje Bieda (1949) z piaskowców ciężkowickich.

Batysyfony w Tabaszowej występują na dolnych powierzchniach cienkoławicowych (2—5 cm) piaskowców. Dolne powierzchnie tych piaskow-

¹ Bardzo podobnie wyglądające spłaszczone rurki z bruzdą podłużną opisywane są pod nazwą *Jereminella* z osadów wieku senońskiego i uważane za rurki robaków.

ców pokryte są drobnymi, na ogół słabo rozwiniętymi, cienkosznurowymi hieroglifami organicznymi, należącymi do *Spiroraphe* i „*Helminthoida*” *appendiculata* Heer. Jeśli ławice tych piaskowców są przekątnie warstwowane, rurki batysyfonów ułożone są bezładnie. Natomiast jeśli warstwowanie jest frakcjonalne, zresztą mało wyrazne ze względu na małe różnice wielkości ziarn (strop ławicy jest jednak laminowany), ułamki rurek batysyfonów są ułożone równolegle (tabl. I, fig. 1), a ponadto w większości przypadków można widzieć, że ostre końce rurek (batysyfony mają zwężony jeden koniec rurki, por. Bieda 1949, Avnimelech 1952), są skierowane niemal bez wyjątku w jedną stronę. Większość odłamków jest przylepiona do niewielkich wzgórków, o nieregularnych kształtach, ale zawsze wyższych od strony zwróconej w kierunku przeciwnym niż ostre zakończenia rurek. Wzgórki te wydłużone, do siebie równoległe i nieco językowate mogą być słabo wykształconymi hieroglifami prądowymi. Były one zatem małymi rowkami erozyjnymi, wytworzonymi przez prąd wody, który niósł piasek i ułamki batysyfonów. Ułamki te dostawały się do zagłębień, w których utkwily, zwracając się zaostrozonymi końcami w kierunku prądu. Jest też możliwość, że wzgórki te są wypełnieniem małych rowków erozyjnych, które zostały wytworzone przez przeszkodę, jaką mogła stanowić skorupka batysyфона, który albo tkwił w dnie przed przyjściem prądu, albo też miotany przez prąd został wbity w miękkie dno i stał się przeszkodą dla prądu, który go opływał i koncentrując się po przeciwnej stronie, silniej erodował. Wzgórki te byłyby zatem odpowiednikiem „current marks” Twenhofela (1932, str. 669, fig. 89), tworzącymi się na plaży poniżej jakichś drobnych przeszkód (małych otoczków, muszli itd.). W omawianym przypadku przeszkodą byłby fragment rurki tkwiący lub wbity w dno, który następnie został przez prąd przewrócony i utkwil w wyłobionej bruzdzie. Ostre końce oznaczają w obu przypadkach kierunek prądu. W ten sam sposób układają się według Dapplesa i Romingera (1945) wydłużone ziarna kwarcu, jeśli jeden ich koniec jest zwężony. W tej pozycji opór przeciw płynięciu jest najmniejszy.

Ułamki zorientowanych rurek mają długość od kilku mm do 4 cm. Jeśli ułożenie fragmentów jest chaotyczne, długość fragmentów jest znacznie większa. Być może, że w tych przypadkach zostały one tylko nieznacznie przemieszczone, natomiast połamanie ich na mniejsze fragmenty, obserwowane przy równoległym ułożeniu nasuwa przypuszczenie o nieco dalszym transporcie.

W wielu przypadkach, szczególnie w warstwach inoceramowych, obserwowałem ułamki rurek batysyfonów na dolnych powierzchniach z silnie rozwiniętymi hieroglifami prądowymi. W takich przypadkach rurki nie występują na powierzchni hieroglifów, ale gromadzą się w przestrzeniach między hieroglifami, przy czym są najczęściej całkiem nieregularnie, często prostopadle do kierunku prądu ułożone. Można więc przypuszczać, że gdy prąd był na tyle silny, że wytwarzał normalnie rozwinięte bruzdy prądowe, ruch wirowy, erodujący bruzdę odrzucał niesione ułamki rurek na zewnątrz bruzd i osadzał je w miejscach spokojniejszych.

W niektórych przypadkach, gdy lineacja na dolnych powierzchniach jest zaznaczona delikatnym smugowaniem, można obserwować, że mniejsze ułamki rurek batysyfonów są ułożone równoległe do lineacji, natomiast większe fragmenty układają się skośnie względem smugowania, a więc skośnie w kierunku prądu.

Niekiedy na linii ułożenia ułamków batysyfonów występują małe, podłużne wzgórki; być może, że są to wypełnienia zagłębień wytworzonych przez wleczenie lub uderzanie ułamków skorupki o dno.

2. HIEROGLIFY OPŁYWOWE

Struktury kopalne, odpowiadające współczesnym bruzdom erozyjnym, tworzącym się na skutek opływania jakichś przeszkód na brzegu morza przez ściekającą wodę, zostały opisane przez F i e g e g o z karbonu Westfalii (1937, tabl. 8, fig. 3 oraz 1942, str. 308, ryc. 15). Później zostały one znalezione w osadach różnego typu. D ż u ł y ń s k i i Ś l ą c z k a (1959) oraz R a d o m s k i (1958) znaleźli drobne hieroglify opływowe we fliszu karpackim; przedmiotami powodującymi je były fragmenty łupków. W szeregu przypadków stwierdziłem dość duże hieroglify opływowe, spowodowane przez kawałki drewna, otoczaki oraz okruchy piaskowców.

Tabl. II fig. 2 przedstawia hieroglif opływowy na dolnej powierzchni piaskowca o grubości 14 cm (flisz podhalański, Kręty potok, na południe od wsi Krempachy). Hieroglif jest asymetryczny, jedna strona jest lepiej rozwinięta niż druga, zjawisko częste w opływach nadmorskich. Hieroglif ma kształt zgiętego w kształcie podkowy wałka; podobnie jak u wielu hieroglifów prądowych, towarzyszy mu z jednej strony mniejszy wałek. Długość hieroglifu wynosi 13 cm, szerokość 8 cm, w środku znajduje się kawałek zwęglonego drewna o długości 8 cm, a szerokości 3 cm. Kierunek hieroglifu, niemal dokładny ku wschodowi, jest zgodny z panującym kierunkiem we fliszu podhalańskim (R a d o m s k i 1958). Hieroglif występuje na dolnej powierzchni piaskowca samotnie; nie towarzyszą mu żadne inne struktury prądowe.

Tabl. I fig. 2 przedstawia hieroglif opływowy, spowodowany przez otoczaki kwarcu. Ramiona opływu wytworzonego przez otoczaki mają tendencję łączenia się na podprądowej stronie otoczaka. Wydaje się, że w bardziej gruboziarnistych odmianach fliszu hieroglify opływowe, wywołane przez otoczaki są tak samo częste jak opływy wytworzone przez fragmenty łupków w seriach drobnoziarnistych. Zwykle jednak otoczek wypada i pozostaje hieroglif opływowy o niepewnym pochodzeniu.

Na tabl. II fig. 1 przedstawiony jest wyjątkowo duży hieroglif opływowy. Szerokość jego u nasady wynosi 8 cm, długość 25 cm; oba ramiona są dobrze i mniej więcej jednakowo rozwinięte; nie łączą się one ze sobą, ale stopniowo wygasają, a między nimi zjawia się drobny hieroglif prądowy.

Na ramionach hieroglifu opływowego, w pobliżu jego nasady zaznaczają się drobne, skręcone ku środkowi wałki; zapewne są one wypełnieniem drobnych bruzd wytworzonych przez śrubowo płynące wiry o osi poziomej, wytworzone w prądzie przy opływaniu przeszkody. Hieroglif ten, występujący na powierzchni cienkoławicowego piaskowca z serii płytowych warstw występujących wśród serii piaskowca magurskiego, został wytworzony przez nieforemny, słabo zaokrąglony okruch piaskowca, o dłuższej średnicy około 8 cm. Piaskowiec jest żółtawy, muskowiowy, różny zarówno od piaskowca, na którym występuje opływ, jak również od piaskowców magurskich, wśród których występują cienkopłytowe piaskowce. Otoczaki piaskowców, występujące na drugorzędym złożu we fliszu karpackim są na ogół rzadkie, a redeponowane (tzn. pochodzące z osadów mniej więcej tego samego wieku co osady, w których

są zawarte) nie zostały opisane, w przeciwieństwie do redeponowanych łupków, tak częstych we fliszu. Przypuszczalnie prądy posuwają się po dnie ilastym lub mułowym i gdy usuną wierzchnią nie stwardniałą warstwę luźnego iłu, docierają do twardego podłoża i erodują stwardniały ił lub łupek. Być może, że w pewnych wypadkach prądy docierają do piaskowców i erodują je. Jest jednak możliwe, że omawiany fragment piaskowca pochodzi nie z dna basenu, na którym osadzał się flisz, ale z jego peryferii, z nasypu litoralnego, z którego stoczył się prąd zawieszinowy i po drodze erodował osady nasypu.

3. HIEROGLIFY PRĄDOWE LAMINOWANE

T e n H a a f (1959) opisał pod nazwą „terraced flute casts” hieroglify o kształcie hieroglifów prądowych, których powierzchnia jest pokryta drobnymi, równoległymi do siebie stopniami. Stopnie te są odbiciem laminacji podścielającej warstwy. O podobnych strukturach wspomina K u e n e n (1957).

Hieroglify tego typu obserwowałem we fliszu karpackim bardzo rzadko, a to zapewne z tego powodu, że niemal z reguły hieroglify prądowe wcięte są w nie laminowane lub słabo laminowane łupki. Najwyraźniejsze hieroglify terasowe obserwowałem we fliszu albskim (flisz wewnętrzny) koło Fieni, w dolinie Jalomitioara (Karpaty rumuńskie), który oglądałem w towarzystwie Dr D. Patruliusa i L. R. Contescu w r. 1960.

Natomiast w Kamesznicy, w kamieniołomie położonym nad głównym strumieniem, na dolnej powierzchni gruboławicowego piaskowca krośnieńskiego (warstwy krośnieńskie tu występujące należą do łuski przedmagurskiej) występują hieroglify, przypominające hieroglify opisane przez T e n H a a f a, ale przypuszczalnie innego pochodzenia.

Są to duże hieroglify (tabl. III fig. 1) o długości dochodzącej do prawie 0,5 m, które kształtem przypominają zupełnie hieroglify prądowe, występujące na sąsiednich ławicach. Wcięte są one w mułowiec o bardzo słabo zaznaczonej, niemal nie istniejącej laminacji, natomiast ławica piaskowca, na którego powierzchni występują omawiane hieroglify, jest wyraźnie do samego spągu laminowana. Powierzchnia hieroglifów wykazuje równoległe do siebie smugi, zaznaczające się niemal w takich samych odstępach jak laminacja piaskowca. Wewnątrz hieroglifu laminacja jest prawie niewidoczna, a zaznacza się tylko na jego powierzchni; to samo odnosi się do ławicy piaskowca, gdyż laminacja uwidoczniła jest dopiero przez wietrzenie. Nasuwa się zatem przypuszczenie, że laminacja hieroglifu jest zaznaczeniem wewnętrznej laminacji piaskowca, a nie odbiciem laminacji warstwy podścielającej. Mimo zatem podobieństwa do hieroglifów „terasowych” opisywane hieroglify stanowią odrębną odmianę hieroglifów.

Laminacja, jak to zgodnie wszyscy autorzy przyjmują, tworzy się przy bardzo małych prędkościach prądu; w ławicach fliszowych zjawia się zazwyczaj w najwyższej części, osadzonej w końcowej fazie depozycji przez zamierający prąd. Nieraz jednak cała ławica jest laminowana; ławice w całości laminowane są zwykle cienkie i nie posiadają hieroglifów prądowych, które zapewne tworzyły się, gdy prąd był szybszy i miał odpowiednią turbulencję, chociaż według L a m o n t a (1957) turbulencja może jeszcze działać przy małych prędkościach. W każdym razie duże ryn-

ny erozyjne, których wypełnieniem są omawiane hieroglify, musiały się wytworzyć w początkowej fazie płynięcia prądu i zapewne dość długi czas upłynął, zanim zostały wypełnione laminowanym osadem. Znane są przypadki, że hieroglify prądowe są wypełnione osadem przekątnie warstwowanym (K u e n e n 1953, fig. 11, str. 25), a K u e n e n i P r e n t i c e (1957) zaznaczają, że w hieroglifach prądowych mogą występować poziome laminy. W opisywanym przypadku trudno jest rozstrzygnąć, czy wypełnienie rynien erozyjnych zostało dokonane przez ten sam prąd, który wytworzył rynnę, czy też przez jakiś późniejszy prąd (por. ust. 6 niniejszej pracy).

4. HIEROGLIFY PRĄDOWE ZDEFORMOWANE PRZEZ OSIADANIE

Hieroglify prądowe, podobnie jak inne struktury dolnych powierzchni, najczęściej nie są zdeformowane. W pewnych przypadkach okazują one deformacje późniejsze od czasu ich utworzenia się. D ż u ł y ń s k i i R a d o m s k i (1955) zwrócili uwagę, że hieroglify mogą ulec kompaktacji, K e l l i n g z a s i W a l t o n (1957) zauważyli, że hieroglify prądowe mogą być zdeformowane przez zagłębianie się w plastyczne podłoże (load-casting).

Szczególny przypadek deformacji hieroglifów występuje w warstwach podmagurskich, odsłoniętych w Strudze koło Tęgoborzy, na zachodnim brzegu jeziora Rożnowskiego (na pn. od Nowego Sącza). Warstwy są tu przewrócone. Dość grube ławice piaskowców, nieliczne i w dużych odstępach występujące w łupkach, okazują dobrze rozwinięte hieroglify prądowe. Jedna z ławic, odsłonięta tuż przy drodze biegnącej brzegiem jeziora jest pokryta hieroglifami różnych rozmiarów (tabl. III fig. 2); hieroglify mniejsze i niższe są normalnie rozwinięte, natomiast duże hieroglify mają kształty nieregularne i są ścięte do równej powierzchni, jednakowo wzniesionej, mniej więcej o 3—4 cm ponad powierzchnię spągową (fig. 1). Ścięta powierzchnia jest ziarnista, chropawa, natomiast powierzchnia nie ściętych hieroglifów, jak również miejsca nie ścięte u ściętych hieroglifów są gładkie tak jak powierzchnia ławicy między hieroglifami.

Ścięte hieroglify są w pewnej odległości od swego początku rozszerzone, jak gdyby rozlane. Boki ich poniżej płaszczyzny ścięcia są wybrzuszony, a na krawędziach ściętych powierzchni zaznaczają się miejscami drobne przewieszenia i pochylone wałeczki.

Z danych tych wynika, że równoczesnej deformacji uległy wszystkie hieroglify, które osiągnęły pewną głębokość. Wyjaśnić to można w sposób następujący. Ławica piaszczysta została złożoną na miękkim mule, którego głębsza część była już stwardniała. Po pewnym czasie, a jeszcze przed zupełną konsolidacją piaskowca, ławica w całości osiadła na skutek dalszej kompaktacji podścielającego iłu; podczas osiadania osiągnęła ona zwartą część iłu, która była na tyle utwardzona, że nie ugięła się pod ciężarem ławicy, ale na odwrót, silniej wystające hieroglify oparły się na twardej warstwie i dostosowały swą powierzchnię do niej; pod ciężarem nadkładu hieroglify rozlały się na boki i rozszerzyły, gdyż nadmiar ich masy w ograniczonej przestrzeni mógł znaleźć ujście tylko na boki, gdzie ił nie był jeszcze całkowicie stwardniały (fig. 1).

Niektóre zjawiska istotnie wskazują, że od pewnej głębokości iły były

stwardniałe. T e n H a a f (1959) zauważył, że „load casts” osiągają pewną graniczną wysokość, co tłumaczył w ten sposób, że piasek pogrąża się w ił tylko do głębokości, w której napotyka stwardniały ił.

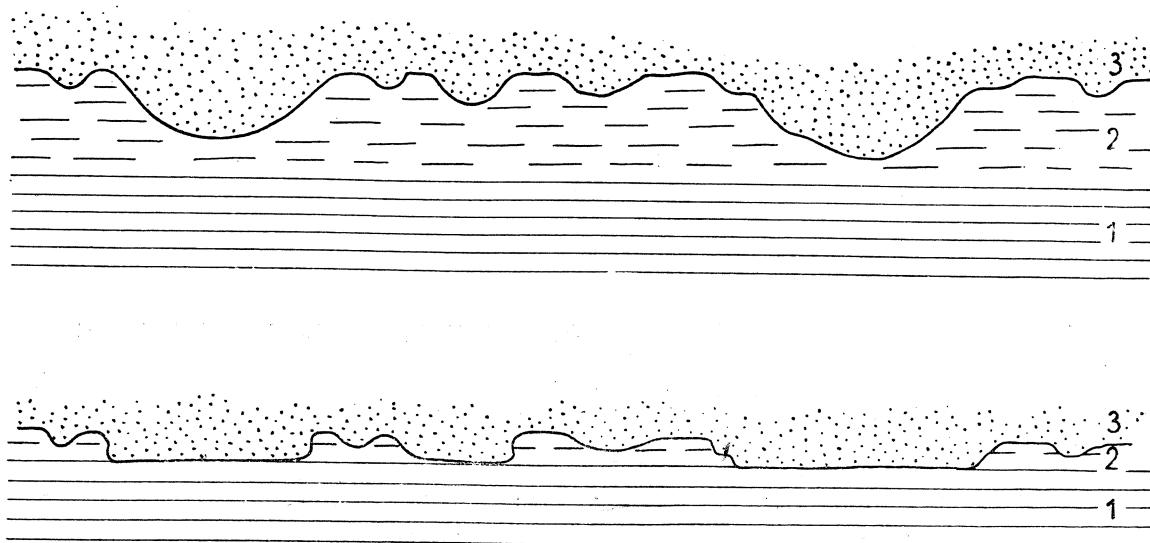


Fig. 1. Powstawanie hieroglifów spłaszczonych wskutek osiadania ławicy. 1 — stwardniały łupek; 2 — ił; 3 — piasek

Fig. 1. Flattening of flute casts owing to the subsidence of the sand bed.

1 — hardened clay or shale. 2 — clay. 3 — sand

Zjawisko tego typu podepozycyjnej deformacji hieroglifów jest prawdopodobnie rzadkie, znam bowiem tylko kilka przypadków podobnych do opisanych ze Strugi, wszystkie z piaskowca magurskiego. W literaturze nie znalazłem opisanych podobnych zjawisk. Być może tylko, że „hieroglify” W i a ł o w a (1955, fig. 3) fliszu dolnopaleozoicznego Turkistanu, o płaskich powierzchniach, są odlewami ripplemarków spłaszczonych w podobny sposób na skutek osiadania ławicy jako całości w miękkie podłoże aż do osiągnięcia skonsolidowanych iłów.

5. HIEROGLIFY ZDEFORMOWANE PRZEZ SPŁYWANIE

Opisując struktury występujące na dolnych powierzchniach piaskowców, zaznaczyłem, że niektóre nabrzmienia tych powierzchni wykazują stałą asymetrię i są w jednym kierunku wygięte (1954, str. 420¹). Dlatego sądziłem, że tłumaczenie takich struktur przez F u c h s a (1895, str. 5) jako wytworzonych przez płynięcie świeżo złożonego piasku może być słuszne. Podobny pogląd panował w tym czasie także w literaturze radzieckiej (W a s s o j e w i c z 1951), natomiast w literaturze anglosaskiej przypisywano większą rolę w tworzeniu się tych form rozplywaniu się podścielającego iłu pod ciężarem piasku. Jednakowoż P r e n t i c e (1956) wykazał obecność struktur, które można bez wątpienia odnieść do lateralnego spływania piasku po ile, oddzielając *load casts* od *flow casts*.

Hieroglify spływowe powstają albo współcześnie z osadzaniem się piasku, albo też nieco później. W pierwszym przypadku mechanizm trans-

¹ W tej samej pracy (str. 418) zaznaczyłem obecność hieroglifów spływowych na górnych powierzchniach ławic piaskowców karpaccich. Struktury takie opisał z utworów fliszowych K r a u s (1935).

portu i depozycji musiał być inny (Prentice 1956) aniżeli w przypadku, gdy prąd erodował i wytwarzał bruzdy, które wypełnione stały się hieroglifami prądowymi. Dlatego to hieroglify prądowe i spływowe nie występują na tej samej ławicy. Stąd też zapewne pochodzi, że hieroglify spływowe występują częściej w bardzo grubych ławicach, a hieroglify prądowe są na ogół pospolitsze w średnioławicowych i cienkich (choć nie bardzo cienkich) ławicach.

Rzadziej niż hieroglify spływowe występują hieroglify prądowe lub wleczeniowe, zdeformowane przez boczny ruch osadu¹. Spływanie musiało nastąpić w jakiś czas po osadzeniu się ławicy i utworzeniu się hieroglifów, ale zapewne przed konsolidacją osadu. Kilka obserwacji rzuca pewne światło na mechanizm spływania oraz stosunek kierunku spływu do kierunku hieroglifów.

Tabl. IV fig. 1 przedstawia zdeformowany przez ruch boczny hieroglif wleczeniowy. Silne jednostronne podwinięcie (fig. 2 w tekście) wskazuje, że deformacja nie mogła być wytworzona przez kompakcję. Zaraz powyżej deformacji ławica jest nie zaburzona, a więc należy wykluczyć, że deformacja jest wywołana ruchem osuwiskowym całej ławicy. Przemieszczenie spływowe było nieznaczne, przy czym sam hieroglif nie uległ wyraźnemu przemieszczeniu, natomiast iż wskutek ruchu przylegającej do hieroglifu części spągu został poziomo wciśnięty w piasek.

Hieroglifowi wleczeniowemu towarzyszą drobne hieroglify uderzeniowe (por. Radomski 1958, Dzułyński - Ślaczka 1959), które pozwalają określić kierunek prądu, który osadził ławicę. Deformacja spływowa jest niemal prostopadła do kierunku transportu.



Fig. 2. Przekrój przez hieroglif spływowy (por. tabl. IV fig. 1). Kreski pionowe — hupek

Fig. 2. Cross-section of a flow-casted groove cast (comp. Pl. IV, fig. 1). Vertical lines — shale)

Tabl. IV fig. 2 przedstawia znacznie silniej rozwinięte hieroglify spływowe na dolnej powierzchni piaskowca magurskiego. Tutaj też deformacja jest ograniczona wyłącznie do najniższej części ławicy. Ku górze nie zaznacza się żaden ślad struktury spływowej lub osuwiskowej. Tu również widać, że najpierw utworzyły się hieroglify prądowe i zostały zdeformowane przez spływanie lub spełzywanie, które wytworzyło obalone siodła i łęki, o osiach prawie równoległych do kierunku hieroglifów.

¹ Do tej kategorii zaliczył ostatnio Birkenmajer (1959, str. 60) hieroglify „deltoidalne”, uważając je za hieroglify wleczeniowe, przekształcone pod wpływem bocznych spływów w hieroglify „spływowo-rozplywowe”. Poprzednio (1958, str. 125—126) uważał je jako odmianę hieroglifów spływowych, wywołanych obecnością ryny erozyjnej. Hieroglify tego typu uważam jako odmianę hieroglifów prądowych (typ pierzasty, 1958, tabl. IV, fig. 1). Za hieroglify prądowe pod nazwą „frondescant marks” uważa je też Ten Haaf (1959).

W tym przypadku należy raczej wykluczyć wpływ wleczenia przez prąd, a przypuścić, że spływanie odbywało się po pochyłości (Prentice 1960).

W r. 1956 na konferencji sedimentologicznej, odbytej w Polskim Towarzystwie Geologicznym, po referacie Bukowego (1957, str. 153) zwróciłem uwagę, że z przedstawionego przez autora materiału wynika, że kierunek spływów nie pokrywa się z kierunkiem hieroglifów prądowych i że podobne zjawisko w pewnych przypadkach obserwowałem w piaskowcach magurskich, w których w tych samych ławicach zaznacza się niekiedy kierunek spływu prostopadle względem kierunku hieroglifów prądowych.

Podobne zjawisko opisał szczegółowo Birkenmajer (1958), stwierdzając, że w badanej przez niego serii kierunek hieroglifów prądowych różni się od kierunku odczytanego z orientacji hieroglifów spływowych, wyciągając z tego wniosek, że prądy transportujące materiał mogły pod wpływem różnych czynników uniezależnić się od nachylenia stoku. Zauważyć należy, że Grossheim i Korotkowa (1954, także Grossheim 1959) stwierdzili we fliszu Kaukazu, że w poszczególnych ławicach kierunek prądu, zaznaczony hieroglifami prądowymi był początkowo równoległy do osi basenu, w wyższej zaś części ławic kierunki zaznaczone warstwowaniem przekątnym są zmienne i mniej wyraźnie podłużne. Autorzy kaukascy sądzą, że prądy były początkowo zdecydowane, następnie zaś zmieniały intensywność i kierunek. Ten Haaf (1959) podał też przypadek różnic kierunków w spągu (hieroglify) i w górnej części ławicy (ripplemarki). Podobne zjawisko stwierdził Prentice (1960) uważając, że struktury erozyjne takie jak hieroglify prądowe, wleczeniowe itd. tworzą się w momencie, kiedy prąd ma największą prędkość, i dlatego nie był odchyłony od kierunku nadanego mu w początkowej fazie, natomiast wyższa część ławicy została osadzona przez wolniejszy prąd, który bardziej musiał się dostosować do konfiguracji dna. Według Prentice'a mogło to nastąpić, gdy prąd w basenie zmieniał bieg z poprzecznego na podłużny.

Obserwacje wyżej podane, a więc niezgodność między hieroglifami prądowymi a kierunkami spływu (Książkiewicz i Bukowy 1957, Birkenmajer 1958) oraz różnica między początkowym a końcowym kierunkiem tego samego prądu (Grossheim-Korotkowa 1954, Ten Haaf 1959, Prentice 1960, też niektóre przypadki w Karpatach, np. warstwy grodziskie na południe od Krakowa) wskazują, że prądy nie zawsze płynęły po maksymalnym nachyleniu dna, ale w pewnych przypadkach skośnie względem niego¹.

Wydaje się, że można te zjawiska nawiązać do przedstawionej przeze mnie hipotezy transportu materiału z bocznych źródeł (1956, str. 387).

¹ Twierdzi Birkenmajer (1958, zarówno tekst polski str. 136 i tekst angielski str. 146) powołując się na moją pracę z r. 1954, że uważałem dane wynikające z pomiarów hieroglifów wleczeniowych, prądowych itd. za wystarczające dla określenia kierunku pochylenia dna zbiornika i źródła materiału klastycznego. W wymienionej przez niego pracy sprawą tą w ogóle się nie zajmowałem. W pracy z r. 1956 lokalizacja źródeł została zrekonstruowana na podstawie rozmieszczenia facji, a nie kierunków transportu (str. 383—386). W pracy tej przyjąłem, że prądy kierowały się zgodnie z podłużnym pochyłem osi basenów. Pochył ten nie wynika jednak tylko z kierunku hieroglifów, ale rozmieszczenia facji, czym głównie się w tej pracy zajmowałem.

Prądy zawieszinowe, staczając się ze zboczy kordylier i dochodząc do centralnej części basenu musiały płynąć po wypadkowej między kierunkiem nadanym im na stoku (tzn. mniej więcej prostopadle do osi basenu) a kierunkiem podłużnego pochyłu dna basenu. Jest prawdopodobne, że stąd pochodzi bardzo często obserwowany w Karpatach skośny kierunek hieroglifów prądowych względem granic facjalnych i głównych kierunków tektonicznych (Książkiewicz 1958, 1960).

Tu należy nawiasowo zaznaczyć, że Karpaty nie mogą być uważane jako przykład podłużnego kierunku transportu, jak to czynią np. Wood i Smith (1959) powołując się na Wassojewicza. Zresztą autor ten (1951, str. 70) wypowiedział się co do Karpat tylko w formie przypuszczenia. Stwierdzając na podstawie badań własnych i Grossheima (1946), że w Kaukazie prądy były skierowane „wzdłuż” rowu, sądził że: „Jak się zdaje, taki obraz obserwuje się też w karpackim rowie”. Ostatnie dane, podane przez Grossheima i inn. z Kaukazu wskazują, że obraz rozkładu prądów we fliszu kaukaskim jest bardziej skomplikowany. Jeśli chodzi o Karpaty polskie, to nowe badania (por. Książkiewicz 1958, 1960, Dżułyński i Ślaczka 1959) stwierdzają także obecność kierunków poprzecznych i skośnych. Skośny kierunek został stwierdzony przez Webby'ego (1959) w Nowej Zelandii, skośne i poprzeczne kierunki w Alpach stwierdzają Crowell (1959) i Hsu (1960).

Jest możliwe, że prąd po dnie morza może płynąć nie w kierunku największego spadku, a nawet przy odpowiedniej prędkości może się od kąta i kierunku pochylenia dna zbiornika uniezależnić (Birkenmajer 1958, str. 136), ale jest wątpliwe, by w wąskich rowach mórz fliszowych uniezależnienie się od morfologii dna mogło mieć jakieś większe znaczenie. Nawet lokalnie odchylony prąd będzie dążył w kierunku spadku. Siła Coriolisa, jeśli istotnie może wpływać na zmianę prądów dennych, co do czego podnoszone są wątpliwości (Ten Haaf 1959), może być efektywna na szerokich, płaskich dnach bardziej rozległych mórz, ale działanie jej w wąskich rynnach fliszowych jest wątpliwe. Fakty obserwowane w Karpatach nie wskazują na jej wpływ. Oba główne rowy fliszowe były zapełniane z obu brzegów. W północnym prądy schodzące do centralnej części basenu kierowały się ku wschodowi, niezależnie, czy schodziły z północnego czy z południowego brzegu. Gdyby były pod działaniem siły Coriolisa, prądy płynące z północy powinny skręcać ku zachodowi (w prawo), a prądy płynące z południa ku wschodowi (w prawo). Tymczasem jedne i drugie skręcały głównie ku wschodowi, a więc idący z północy w lewo, a południowy w prawo. Podobnie w rowie południowym prądy zstępujące z północy skręcały głównie ku zachodowi (tzn. w prawo), ale prądy idące z południa też skręcały ku zachodowi, a więc w lewo. Te fakty wskazują, że widocznie morfologia basenu, a nie siła Coriolisa wpływała na przebieg prądów.

Zauważyć jeszcze należy, że kierunek spływu niekoniecznie wskazuje na pochył dna w kierunku spływania w czasie transportu materiału. Ławice piasku były osadzane prądami z reguły na podłożu ilastym, które pod ciężarem ławic (zwłaszcza grubszych, a w takich głównie obserwuje się hieroglify spływowe) ulegało kompaktacji. Kompaktacja ta w wielu przypadkach mogła być różnicowana, zależnie od grubości ilów i innych ich własności. Dzięki temu mogły powstawać wtórne nierówności dna, nieraz układające się poprzecznie do pierwotnego nachylenia dna i kierunku transportu.

6. W SPRAWIE POWSTAWANIA HIEROGLIFÓW PRĄDOWYCH

Hieroglify prądowe stały się od czasu ukazania się prac Grossheima (1946) i Richa (1950) poważnym narzędziem pracy geologicznej, zwłaszcza w zakresie paleogeografii i paleosedymologii. Formy erozyjne im odpowiadające zostały otrzymane eksperymentalnie (Rücklin 1938), natomiast bardzo mało jest obserwacji nad współczesnym tworzeniem się tych form. Bruzdy erozyjne wycięte w twardych skałach zostały opisane przez Maxsona i Campbella (1935). Wassojewicz (1951, str. 51, 52) obserwował tworzenie się ich w miękkich osadach w łozyskach rzek. Do jego uwag dołączone są dwie fotografie bruzd erozyjnych niezbyt, jak sam autor stwierdza, odpowiadających hieroglifom prądowym. Bardziej podobne bruzdy otrzymał on eksperymentalnie.

Bruzdy erozyjne, kształtem odpowiadające zupełnie hieroglifom prądowym nie są jednak rzadkością i chociaż z dna morskiego nie są znane, w korytach rzecznych zdają się tworzyć stosunkowo dość często. Przypuszczalnie bruzdy te są najczęściej równocześnie lub prawie równocześnie zasypywane, niemniej w pewnych przypadkach można je obserwować.

W rzekach karpackich, w korytach rzecznych obserwowałem kilkakrotnie uszeregowane, asymetryczne zagłębienia, z podciętymi podprądowymi brzegami, przypuszczalnie będące odpowiednikiem tzw. anti-dunes. Tworzą się one na dnie mulistym i można je obserwować zaraz po powodzi, prędko jednak znikają.

Natomiast w mniejszych strumieniach kilkakrotnie obserwowałem wyżłobienia, odpowiadające zupełnie lub mniej lub więcej podobne do bruzd erozyjnych, z których przez wypełnienie mogłyby powstać hieroglify prądowe. Wyżłobienia te powstają po krótkotrwałych ulewach, gdy strumień na kilka godzin lub nawet kilkanaście minut wzbierze; wtedy w dolnej części strumienia, w pobliżu jego ujścia do większej rzeki lub w obszarze, w którym strumień wpływa na terasę, na mulistym dnie, które przed ulewą było nie pokryte wodą, pojawiają się uszeregowane, linijne rowki, silnie wgłębione przy końcu zwróconym w górę prądu, a spływające się w dół prądu.

Charakterystyczne jest to, że bruzdy erozyjne tego typu w pewnych warunkach nie zostają zupełnie wypełnione. W niektórych przypadkach (tabl. V fig. 1—2) większe ziarna lub otoczaki utkwily w zagłębieniach, ale pomimo że ponad nimi przepłynął jeszcze prąd mętnej wody, niosący zawiesiny, drobniejszy materiał się nie osadził. Wiąże się to z pytaniem ostatnio dyskutowanym, czy prąd może wytwarzać bruzdy erozyjne i ich nie wypełniać.

Zagadnienie to poruszył niedawno Crowell (1958), który uważa, że w pewnych przypadkach prąd mógł utworzyć wcięcie, ale go nie wypełnić, a wypełnienie nastąpiło przez inny prąd. Crowell obserwował w hieroglifach prądowych agregaty ziarenek, które mogą być koprolitami, i dlatego uważał, że takie resztki nagromadziły się po wcięciu bruzdy, a przed jej wypełnieniem w jakiejś fazie bez sedymentacji. Podobną obserwację zrobiłem we fliszu karpackim (1954, str. 419), stwierdzając: „Nie wszystkie hieroglify prądowe są związane z powstaniem ławicy, na której powierzchni występują... nieraz posiadają na sobie bio-hieroglify, tzn., że po ich utworzeniu się, ale przed zasypianiem przez piasek pełzały jeszcze organizmy”. W niektórych przypadkach widziałem też we współ-

czesnych bruzdach erozyjnych w potokach rowki będące śladami pełzania robaków. Cummins stwierdził (1958), że w pewnych przypadkach hieroglify prądowe zostały wycięte przez prądy płynące z innego kierunku niż prądy, które je zasypały.

Chociaż warunki w rzekach są niewątpliwie inne od warunków, w jakich erodują i deponują prądy zawieszinowe, wydaje się, że obecność nie zasypianych rowków erozyjnych świadczy, że prąd może je wytwarzać i nie zasypywać.

Na podstawie analogii ze strumieniami góorskimi można by sądzić, że niezasypywanie przez ten sam prąd bruzd erozyjnych może mieć miejsce w pewnej odległości poniżej miejsca załamania się spadku dna; w takiej strefie prąd ma jeszcze odpowiednią szybkość (przypuszczalnie niezbyt wielką) i turbulencję (odpowiednio dużą) dla wytwarzania bruzd erozyjnych, a „ogon” prądu jeszcze ma taką prędkość, że nawet drobny materiał jest dalej unoszony.

Z dotychczasowych obserwacji wynika, że kształt bruzd erozyjnych w dnach potoków jest taki sam jak kształt bruzd, jakie można odczytać z hieroglifów prądowych. Zróżnicowanie i różnorodność kształtów są takie same, jakie znane są z osadów kopalnych. Cztery typy Rücklina mogą być z łatwością wyróżnione, np. podkowiany (tabl. V fig. 2 z lewej strony u dołu), jak również dodatkowe boczne rynienki towarzyszące większym bruzdom, tak jak drobne hieroglify często towarzyszą większym (też widoczne na tabl. V fig. 2). Zdaje się jednak, że w osadach rzecznych zaznacza się większa różnorodność kształtów na tej samej powierzchni w porównaniu z osadami fliszowymi, w których zazwyczaj na tej samej powierzchni panuje jeden typ hieroglifów prądowych. Rozmieszczenie rynienek nie jest też na dnie rzeki tak regularne, jak hieroglifów kopalnych; to regularne rozmieszczenie hieroglifów prądowych podkreślają ostatnio Wood i Smith (1959). Równoległość bruzd erozyjnych jest też na ogół mniej zdecydowana, co wydaje się potwierdzać pogląd Kuena (1957, p. 241), że hieroglify w seriach utworzonych przez prądy zawieszinowe są prostsze i bardziej wyraźnie równoległe. Jednakowoż moje spostrzeżenia dotyczą małych strumieni, gdzie wpływ bliskich brzegów i nierówności dna niewątpliwie są czynnikiem dodatkowym w rozkładzie wirów w prądzie rzeczonym. Być może, że na dnach koryt dużych rzek bruzdy erozyjne będą bardziej jednolitego typu i bardziej równomiernie ułożone.

*Zakład Geologii Uniwersytetu Jagiellońskiego
Kraków, styczeń 1961.*

WYKAZ LITERATURY
REFERENCES

1. Avnimelech M. (1952), Revision of the tabular Monothalmia. *Contrib. Cushm. Found. Foram. Research*, 3, f. 2, pp. 60—68.
2. Bieda F. (1949), O nowych i mało znanych otwornicach z fliszu Karpat polskich (Sur quelques Foraminifères nouveaux ou peu connus du Flysch des Carpathes Polonaises). *Roczn. Pol. Tow. Geol., Ann. Soc. Géol. Pol.*, 18, pp. 151—179.
3. Birkenmajer K. (1958), Orientowane hieroglify spływowe we fliszu karpaczkim i ich stosunek do hieroglifów prądowych i wlezeniowych (Oriented flowage casts and marks in the Carpathian flysch and their relation to flute and groove casts). *Acta Geol. Pol.*, 8, pp. 117—148.
4. Birkenmajer K. (1959), Systematyka warstwowań w utworach fliszowych i podobnych. *Studia Geologica Polonica*, 3, 128 p.
5. Bukowy St. (1957), Sedymentacja babickich warstw egzotycznych w Karpatach przemyskich (Remarks on the sedimentation of the Babica clays). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 26 (za r. 1956). *Ann. Soc. Géol. Pol.*, 26, (for y. 1956), pp. 147—155.
6. Crowell J. C. (1955), Directional current structures from the Prealpine Flysch, Switzerland. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 66, pp. 1351—1384.
7. Crowell J. C. (1958), Sole markings of graded graywacke beds: a discussion. *Journ. of Geology*, 66, nr. 3, pp. 333—335.
8. Cummins W. A. (1958), The Lower Ludlow grits in Wales. *The Liverpool and Manchester Geol. Journ.*, 2, pp. 168—179.
9. Dapples E. C., J. F. Rominger (1945), Orientation analysis of fine grained clastic sediments: a report of progress. *Journ. of Geology*, 53, pp. 246—261.
10. Dżułyński St., A. Radomski (1955), Pochodzenie śladów wleczenia na tle teorii prądów zawiesinowych (Origin of groove casts in the light of turbidity current hypothesis). *Acta Geol. Pol.*, 5, pp. 47—66.
11. Dżułyński St., A. Ślaczka (1959), Sedymentacja i wskaźniki kierunkowe transportu w warstwach krośnieńskich (Directional structures and sedimentation of the Krosno beds (Carpathian flysch). *Roczn. Pol. Tow. Geol.*, 28 (za r. 1958). *Ann. Soc. Géol. Pol.*, 28 (for y. 1958), pp. 205—258.
12. Fiege K. (1937), Untersuchungen über zyklische Sedimentation geosynklinaler und epikontinentaler Räume. *Abh. Preuss. Geol. Landesanst.*, N. F. 177 p.
13. Fiege K. (1942), Hilfsmittel zur Erkennung normaler und inverte Lagerung in tektonisch stark gestörten Gebieten. *Senckenbergiana*, 25, pp. 292—325.
14. Fuchs T. (1895), Studien über Fucoiden und Hieroglyphen. *Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Mat. Nat. Cl.*
15. Grossheim W. A. (1946), O znaczeni i metodice izuczenija hieroglifow (na materiale Kawkazkogo flisza). *Izw. Akad. Nauk, Ser. geol.*, nr 2, p. 111.
16. Grossheim W. A. (1959), Niekotoryje czerty pietrografii i paleogeografii osadkow geosynklinalnych formacij (na primerie Kawkazkoj składcatoj obłasti). *Izw. Akad. Nauk, Ser. geol.*, nr 7, pp. 60—73.
17. Grossheim W. A., Korotkowa K. F. (1954), Nowyje dannyje po pietrografii porod wierchniego sienona siewiero-zapadnogo Kawkaza. *Dokł. Akad. Nauk*, 95, nr 5, pp. 1081—1084.
18. Haaf E. ten (1959), Graded beds of the northern Apennines. Thesis, Groningen, 102 p.
19. Hsu Jinghwa K. (1960), Paleocurrent structures and paleogeography of the utrahelvetic Flysch basins, Switzerland. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 71, pp. 577—610.
20. Kelling G., E. K. Walton (1957), Load-cast structures: their relationship to

- upper-surface structures and their mode of formation. *Geol. Mag.*, 44, nr 6, pp. 481—490.
21. Kraus E. (1935), Über Sandsteinwülste. *Z. Dtsch. Geol. Ges.*, 87, pp. 354—360.
 22. Książkiewicz M. (1954), Uwarstwienie frakcyjne i laminowane we fliszu karpackim (Graded and laminated bedding in the Carpathian flysch). *Roczn. Pol. Tow. Geol.*, 22 (za r. 1952). *Ann. Soc. Géol. Pol.*, 22 (for y. 1952), pp. 399—449.
 23. Książkiewicz M. (1956), Geology of the northern Carpathians. *Geol. Rdsch.*, 45, pp. 369—411.
 24. Książkiewicz M. (1958), Stratygrafia serii magurskiej w Beskidzie Średnim (Stratigraphy of the Magura series in the Średni Beskid — Carpathians). *Biul. Inst. Geol.*, 135. *Bull. Inst. Geol. Pol.*, 135.
 25. Książkiewicz M. (1960), Outline of the paleogeography in the Polish Flysch Carpathians. *Travaux Serv. Géol. Pol.*, 30, pt. 2, pp. 236—249.
 26. Kuenen Ph. H. (1953), Graded bedding, with observations on lower Paleozoic rocks of Britain. *Verh. Kon. Nederl. Akad. Wet. Amsterdam*, 63, pp. 1—47.
 27. Kuenen Ph. H. (1957), Sole markings of graded graywacke beds. *Journ. of Geology*, 65, pp. 231—258.
 28. Kuenen Ph. H., J. E. Prentice (1957), Flow markings and load-casts. *Geol. Mag.*, 94, pp. 173—174.
 29. Kuenen Ph. H., J. E. Sanders (1956), Sedimentation phenomena in Kulm and flötzleeres graywackes, Sauerland and Oberharz, Germany. *Amer. Journ. Sc.*, 254, pp. 649—671.
 30. Lamont A. (1957), Slow anti-dunes and flow marks. *Geol. Mag.*, 94, pp. 472—480.
 31. Maxson J. H., I. Campbell (1935), Stream fluting and stream erosion. *Journ. of Geology*, 43, pp. 729—744.
 32. Natland M. L. (1957), Paleocology of West coast Tertiary sediments. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, 67, pp. 543—572.
 33. Prentice J. E. (1956), The interpretation of flow-markings and load-casts. *Geol. Mag.*, 93, pp. 393—400.
 34. Prentice J. E. (1960), Flow structures in sedimentary rocks. *Journ. of Geology*, 68, pp. 217—225.
 35. Radomski A. (1958), Charakterystyka sedymentologiczna fliszu podhalańskiego (The sedimentological character of the Podhale flysch). *Acta Geol. Pol.*, 8, pp. 335—409.
 36. Rich J. L. (1950), Flow markings, groovings, and intrastratal crumplings as criteria for recognition of slope deposits, with illustrations from Silurian rocks of Wales. *Bull. Amer. Ass. Petroleum Geol.*, 34, pp. 717—741.
 37. Ruedemann R. (1894), Evidence for current action in the Ordovician. *Amer. Geologist*, 19, pp. 367—391.
 38. Rücklin H. (1938), Strömungs Marken im unteren Muschelkalk des Saarlandes. *Senckenbergiana*, 20, pp. 94—114.
 39. Twenhofel W. H. (1932), Treatise on sedimentation. 2 ed. Baltimore 926 p.
 40. Wassojewicz N. B. (1951), Usłowija obrazowania flisza. *Gostoptechizdat*. 240 p.
 41. Webby B. W. (1959), Sedimentation of the alternating greywacke and argillite strata in the Porirua district. *New Zealand Journ. of Geology and Geophysics*, 2, pp. 461—478.
 42. Wiałow O. S. (1955), O niżniewpaleozojskom flisze turkiestanskogo chriepta. *Uczennje zap. Lwowskogo Gosud. Uniw.*, Ser. geol., 35, nr 8, pp. 170—175.
 43. Wood A., A. J. Smith (1959), The sedimentation and sedimentary history of the Aberystwyth grits (Upper Llandoveryan). *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 114, pp. 163—195.

OBJAŚNIENIE TABLIC

Tablica I

- Fig. 1. Orientowane rurki batysyfonów. Warstwy istebniańskie, senon, Tabaszowa nad J. Rożnowskim
Fig. 2. Hieroglify opływowe wytworzone przez otoczaki. Wkładka warstw inoceramowych w warstwach istebniańskich, Czchów nad Dunajcem

Tablica II

- Fig. 1. Hieroglif opływowy wytworzony wokół fragmentów piaskowców. Piaskowce płytowe wśród piaskowca magurskiego. Polany koło Grybowa
Fig. 2. Hieroglif opływowy wytworzony wokół fragmentu drewna. Flisz podhalański, Krempachy

Tablica III

- Fig. 1. Hieroglify prądowe laminowane. Warstwy krośnieńskie, Kamesznica koło Żywca
Fig. 2. Hieroglify prądowe spłaszczone przez osiadanie ławicy (warstwy odwrócone). Warstwy podmagurskie. Struga nad J. Rożnowskim

Tablica IV

- Fig. 1. Hieroglif wleczeniowy, zdeformowany przez splaywanie. Flisz dolnosenoński, Kręty potok, Pieniny
Fig. 2. Hieroglif spływowy, piaskowiec magurski, Zawoja

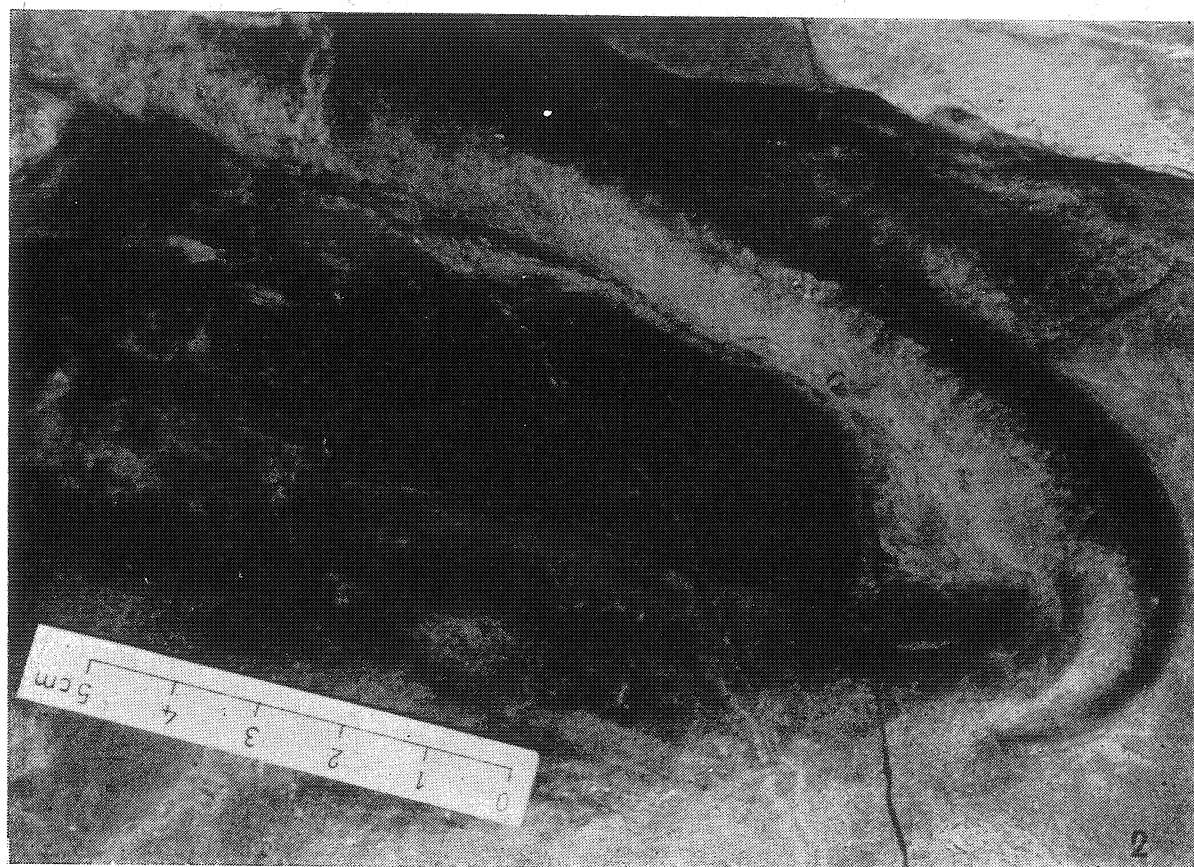
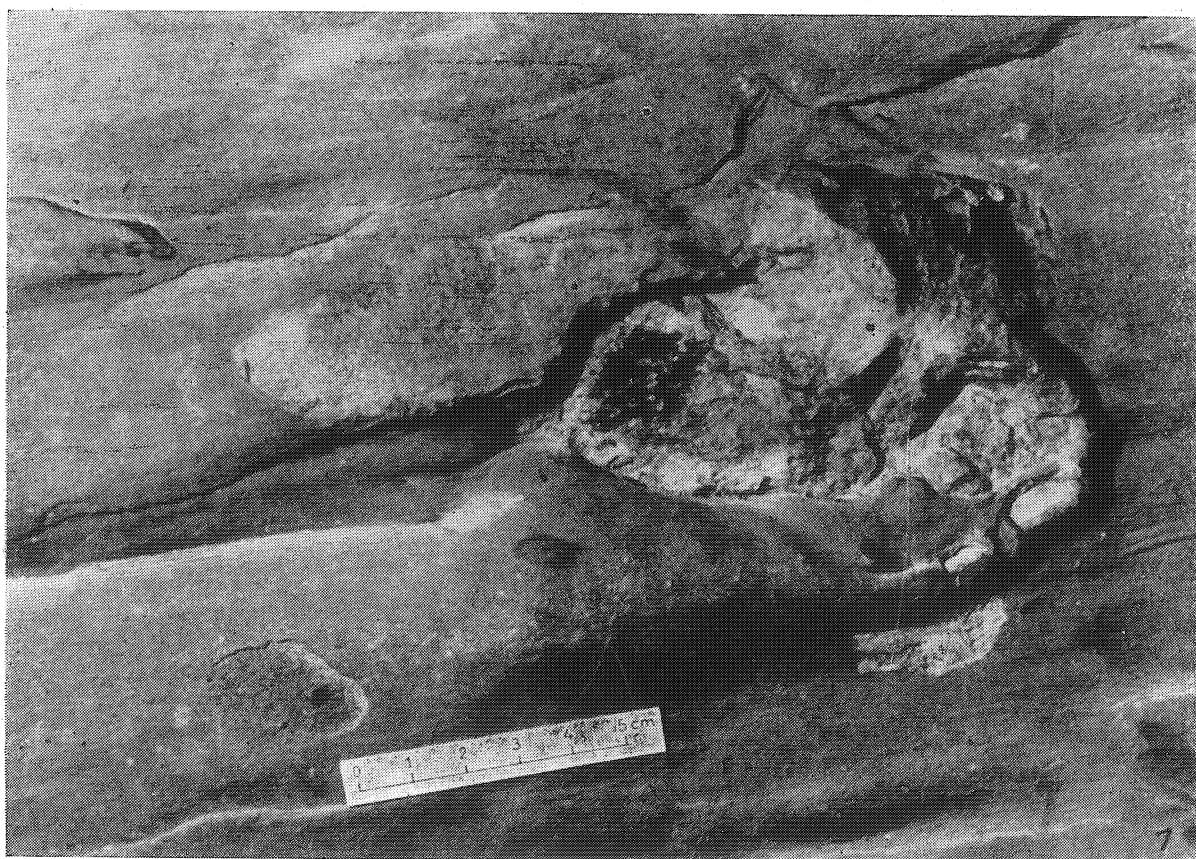
Tablica V

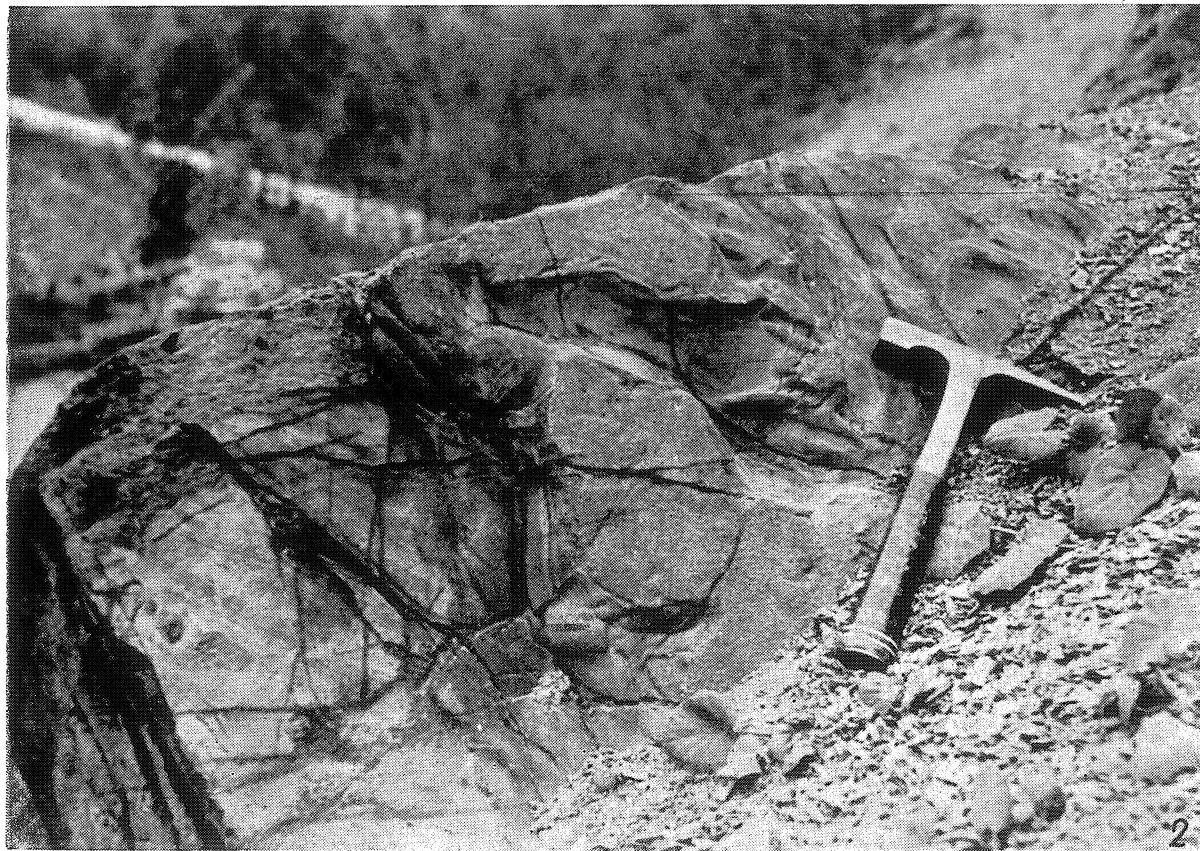
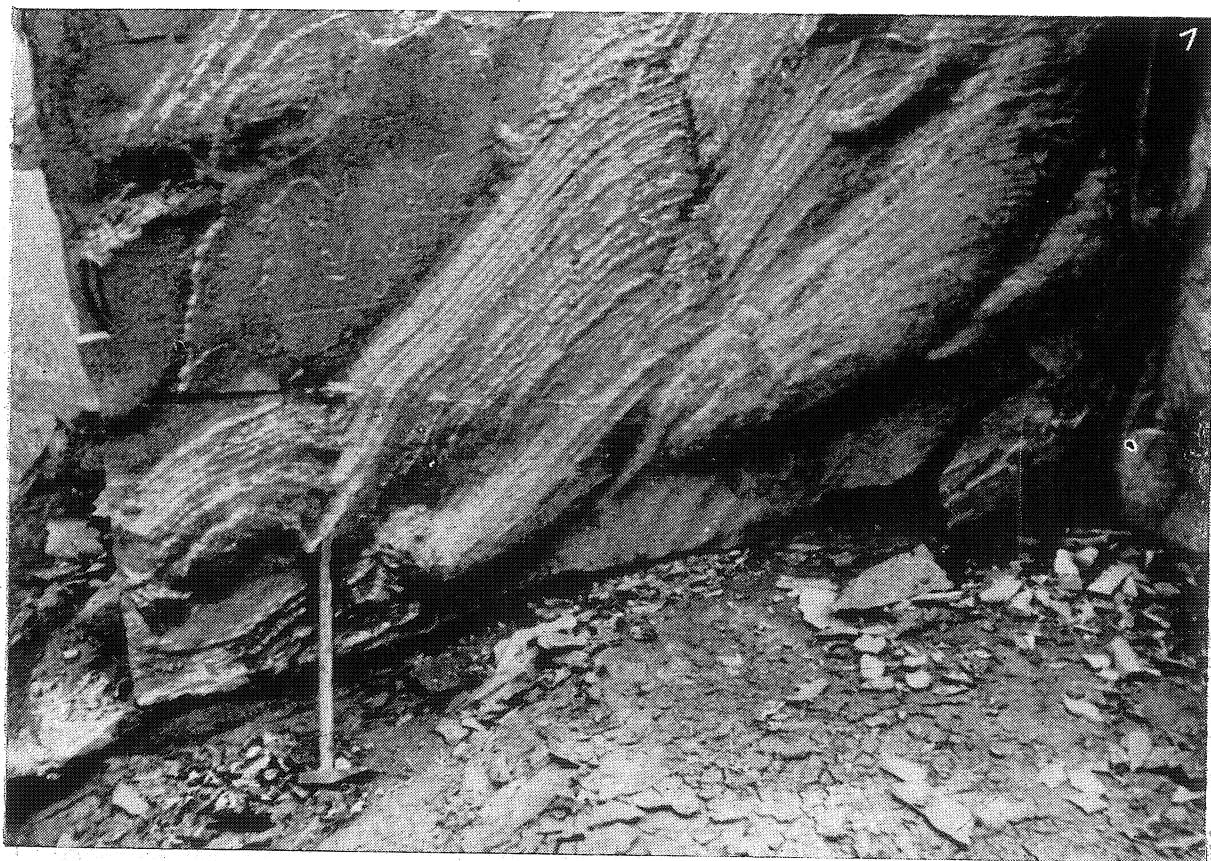
- Fig. 1 — 2. Bruzdy erozyjne w korycie rzeki Jalomitioara koło Fieni, Karpaty rumuńskie



M. Książkiewicz

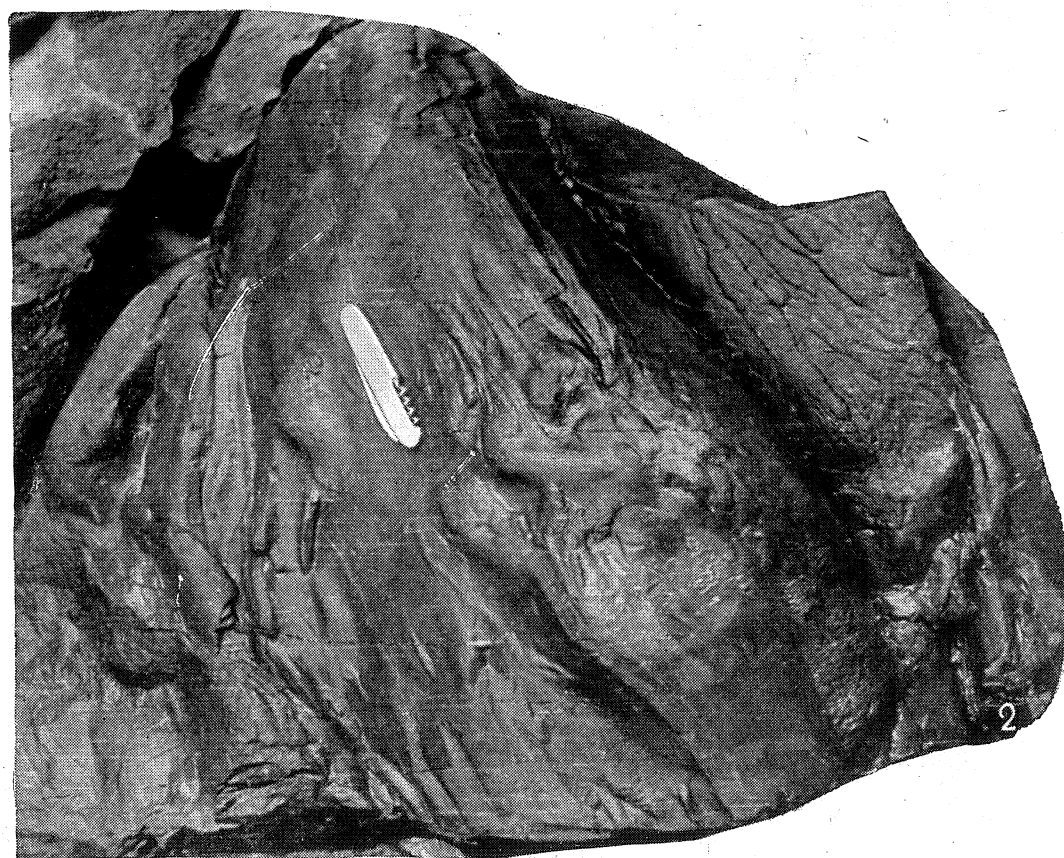




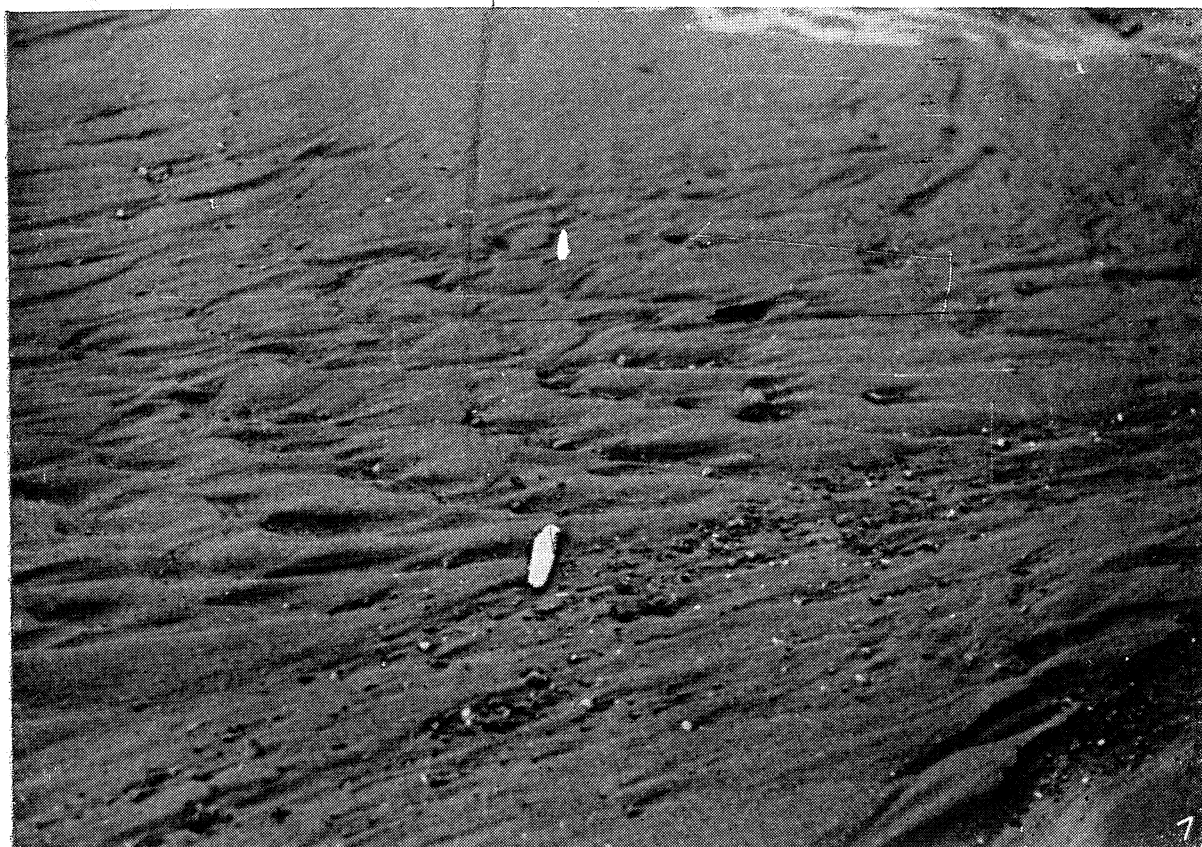


M. Książkiewicz





M. Książkiewicz



M. Książkiewicz

