

Pochodzenie śladów wleczenia na tle teorii prądów zawieszinowych

TREŚĆ: Wstęp — Opis śladów wleczenia — Inne hieroglify towarzyszące śladom wleczenia — Stosunek hieroglify do podścielających piaskowce łupków — Typy strukturalne ławic z hieroglify wleczeniowymi oraz geneza śladów wleczenia w świetle teorii prądów zawieszinowych: uwagi wstępne; zlepienie i żwirowce ilaste; piaskowce o warstwowaniu frakcjonalnym; piaskowce jednorodne; piaskowce laminowane; ławice o warstwowaniu przekątnym — Pseudohieroglify i hieroglify post-depozycyjne — Literatura cytowana

WSTĘP

W pracy niniejszej zajmiemy się głównie pewnym typem hieroglify mechanicznego pochodzenia, które w literaturze anglosaskiej noszą nazwę „groove casts“, a które nazywać będzie hieroglify wleczeniowymi, albo wprost śladami wleczenia. Hieroglify te znane były od dawna, chociaż pisano o nich niewiele, a w polskiej literaturze wspomina o nich jedynie M. Książkiewicz (9) *. Bywały natomiast reprodukowane na zdjęciach, ilustrujących prace o tematyce fliszowej, najczęściej jednak bez komentarzy (np. w pracy R. Zuberera, 21).

W nielicznych pracach, w których znajdują się wzmianki o tych hieroglify, większość autorów zgadza się co do mechanicznego pochodzenia tych form¹.

T. Fuchs (4) opisuje również kształty prostolinijnych wałków, do opisu jednak nie dołącza zdjęcia. Sądząc po opisie i zamieszczonym przekroju ma on na myśli interesujące nas ślady wleczenia. Wymieniony autor przypuszcza, że powstały one podczas spływania piaszczystej „braji“ po miękkim i le zaścielającym dno. Clarke (1918, fide 19) upatrywał w tych hieroglify ślady po dryftujących krach lodowych. R. Shrock (19), jako

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

¹ W niedostępnej nam pracy Saporty z 1882 r. podobne formy, sądząc po wypowiedzi T. Fuchsa (4), były uważane za odciski roślin *Laminarites* i *Panescorsaea*, czego jednak sprawdzić nie możemy. Również u Götzingera i Beckera (5) na tabl. IX znajduje się obraz typowych śladów wleczenia z wyjaśnieniem, że są to przypuszczalnie ślady ślimaków.

inną możliwość, podaje wleczenie przez fale przyptywu i odpływu kamieni, do których zakotwiczone były glony morskie. Na szczególną uwagę zasługuje wypowiedź wymienionego autora, którą zamieścił on przy opisie tych hieroglifów:

„The original grooves appear to have been made by simultaneous rectilinear advance of a squad of objects propelled by a current, but it must be admitted, that this suggestion is vague and indefinite“ (l. c., str. 163).

M. Książkiewicz (9) uważa, że formy te „być może powstały przez wleczenie po dnie przez prąd jakichś przedmiotów (kamieni, kawałków drewna, może korzeni“, l. c., str. 419) dając tym samym najbardziej prawidłowe ich wyjaśnienie. Pozostało jednak nadal otwartym zagadnienie natury owych twardych przedmiotów. W ciągu lata 1954 r. udało się nam odnaleźć zakończenia omawianych hieroglifów, które pozwoliły wyjaśnić ich pochodzenie, a zachęteni przez prof. M. Książkiewicza podjęliśmy próbę odtworzenia warunków, w jakich powstały one w zbiorniku morza fliszowego.

OPIS ŚLADÓW WLECZENIA

Ślady wleczenia we fliszu karpackim występują na spągowej powierzchni ławic piaskowcowych najczęściej jako prostolinijne wałki lub listwy o znamionym rowkowaniu na powierzchni (pl. I, fot. 1). Te subtelne poźłobienia, które niejednokrotnie bieżą obok siebie prawie idealnie równolegle na długich odcinkach (nieraz wzdłuż całej długości śladu), to jeden z najistotniejszych rysów morfologicznych opisywanych śladów. Wskazują one na to, że przedmioty, które pozostawiły po sobie ślady, nie mogły być obtoczone i musiały posiadać nieprzytępione naroża, bądź ostre krawędzie.

Oglądane w przekroju hieroglify wleczeniowe mogą mieć różne kształty (fig. 1). Czasem są to pojedyncze wałki lub listwy, które w dogodnych okolicznościach można prześledzić na długości kilku metrów. Najczęściej jednak warunki w odsłonięciach nie pozwalają na pomiary długości i domyślać się tylko możemy, że ślady wleczenia kontynuują się w głąb skalnych odkrywek na wiele metrów. Bywają jednak ślady krótkie. Czasem giną one po obu stronach niepostrzeżenie i stopniowo, czasem zaś urywają się raptownie z jednej strony.

Grubość wałków, a zatem pierwotna głębokość bruzd waha się w granicach od kilku mm do kilkunastu cm (o głębszych rynnach wleczeniowych — p. niżej str. 50).

Jak wspominaliśmy, ślady wleczenia bieżą na ogół prostolinijnie, ale bywają czasem powyginane, a nawet wyraźnie skręcone (pl. I, fot. 2):

Niejednokrotnie obserwuje się przecinanie się tych śladów na spagowej powierzchni ławicy, jednakże kąt przecięcia na ogół nie przekracza 30° .

W przypadku śladów, które stopniowo i niepostrzeżenie po obu stronach zlewają się z powierzchnią spagową piaskowca, poszukiwanie przedmiotów, które je pozostawiły, obracać się będzie tylko w sferze domysłów.

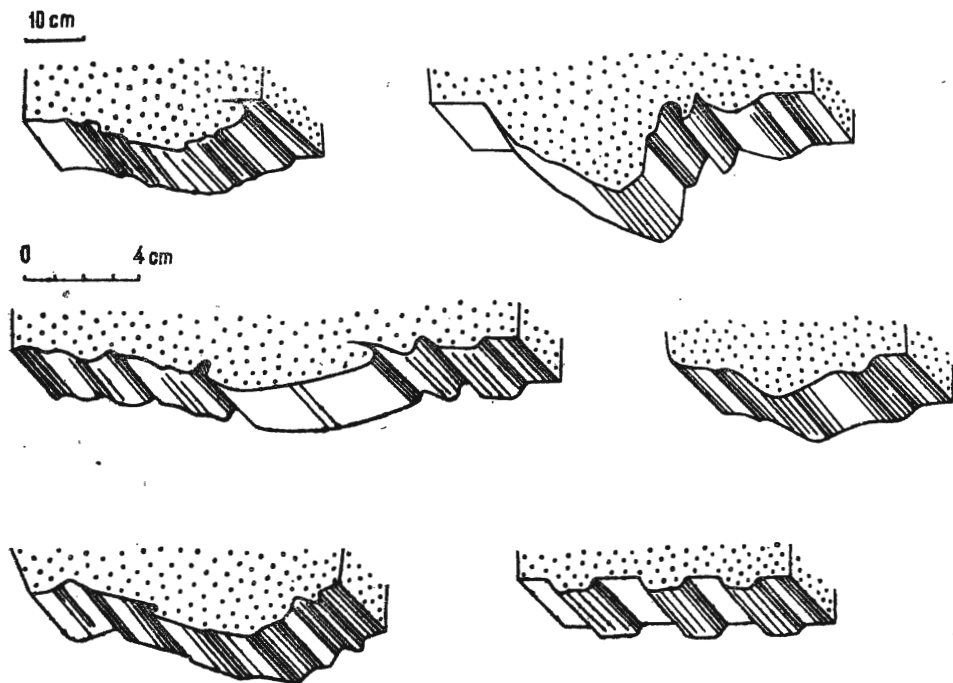


Fig. 1

Różne formy śladów wleczenia na spągu piaskowców fliszu karpackiego

Musnęły one jedynie dno i zostały uniesione dalej (fig. 2). Zdarza się jednak, i to wcale nie rzadko, że taki wędrujący przedmiot utknie w osadzie i wówczas ślad urywa się na nim nagle i bezpowrotnie. Okazało się, że w piaskowcach fliszowych ślady wleczenia urywają się często na ostrokrawędzistych okruchach łupkowych. Niżej opisane przykłady z piaskowców chochołowskich i krośnieńskich bodajże najlepiej wyjaśniają zagadnienie tych hieroglifów.

Na pl. III, fot. 1 widzimy wycinek spagowej powierzchni piaskowca krośnieńskiego z ławicy odsłoniętej w przełomie Wisłoka w Besku. Odtwarzając formę pierwotną, a więc pozytyw, w odlewie z plasteliny rekonstruuujemy fragment dawnego dna morskiego. Widzimy na nim (pl. II) szereg krótkich bruzd, które z jednej strony wychodzą w powietrze, z drugiej wbijają się jak gdyby w dno pod kątem ok. $10-15^{\circ}$. Każda z bruzd

kończy się na jakimś ostrokrawędzistym kawałku łupku, których spora ilość mieści się w podłużnym zagłębieniu dna². Ślady wleczenia poza ten pas łupków już nie wychodzą. Widzimy natomiast po jego przeciwnej stronie ciekawą formę morfologiczną — zmarszczenie, które niegdyś utworzyło się w miękkim jeszcze ile pod wpływem skośnego uderzenia pakietu okruchów łupkowych (fig. 2). Za owym zmarszczeniem powierzchnia



Fig. 2

Mechanizm powstawania śladów wleczenia na dnie fliszowego morza

Strzałki wskazują kierunek ruchu okruchów łupkowych, linia kreskowana — tor okruchów

się na nieregularnym skupieniu okruchów. Zwróćmy jeszcze uwagę na ważny szczegół: prostolinijny dotychczas przebieg śladów staje się w pobliżu zakończenia falistym, a poszczególne ślady zachodzą na siebie.

Odmianą nieco formą pozytywów śladów wleczenia są głębokie do kilkudziesięciu cm bruzdy, których długość mierzy się z pewnością w dziesiątkach metrów, szerokość zaś dochodzi do 1 m. Ich pochodzenie wiąże się nie z wleczeniem kilku czy kilkunastu okruchów łupkowych, lecz z przesuwaniem większej ilości materiału. Są to utwory analogiczne do rynien lawinowych, które tak często widzimy na śniegach żlebów tatrzańskich.

Liczne obserwacje, poczynione w różnych okolicach fliszu karpackiego, upoważniają do uogólnienia wniosków wyciągniętych z wyżej opisanych przykładów. Ślady wleczenia na spągowej powierzchni ławic piaskowców fliszowych są najczęściej genetycznie związane z okruchami łupków. Mniejsze i większe fragmenty tych skał znaleźliśmy niemal zawsze

² W piaskowcu, który jest naturalnym odlewem dna, mamy w tym miejscu nieregularną wypukłość z zachowanymi okruchami łupków, bądź z graniastymi wgłębieniami po wypadniętych kawałkach.

spągowa jest już gładka, pominiawszy mały hieroglif prądowy i drobne zarysowania, o których genecie powiemy na innym miejscu (p. str. 59).

Na pl. IV i V widzimy również zakończenia śladów wleczenia. Urywają się one, podobnie jak poprzednie, na ugrupowaniu ostrokrawędzistych kawałków łupkowych. Tu przesuwany się po dnie pakiet wyerodował płytką rynną, która w piaskowym odlewie przedstawia się jako wydłużony garb, zanurzający się z jednej strony stopniowo ku spągowej powierzchni ławicy, z drugiej zaś urywający

w tych piaskowcach, na których spagu pojawi się ten rodzaj hieroglifów. Okruchy łupkowe bywają różnej wielkości, czasem dochodzą one do kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu cm. Częściej jednak są one mniejsze, ponieważ w trakcie wleczenia większe fragmenty ulegają rozdrobnieniu. Na pl. VI widzimy odcisk dużego kawałka łupku, który znajduje się w zakończeniu odlewu płytkiej i szerokiej bruzdy wleczeniowej. Zachował się na nim wyraźny ślad po nieukończonym procesie rozdrabniania w postaci głębokich szczelin, które zaczęły się zarysowywać we wleczonym kawałku. Do całkowitego rozerwania jednak nie doszło i okruch w tym stanie pozostał już na dnie. Pierwotne szczeliny, po wypełnieniu ich piaskiem, przedstawiają się dziś jako równoległe do siebie listwy, odzwierciedlające najdrobniejsze nawet szczegóły ich postaci. Mają one miejscami na pół płynne zarysy, pochodzące z deformacji miękkiego materiału. Być może, jest to rezultat nieukończonego procesu diagenety, choć bardziej prawdopodobne wydaje się, że mamy tu do czynienia z wynikiem namakania i lokalnego osłabienia konsystencji już zdiagnozowanego łupku, ponieważ w innych kawałkach, zwłaszcza mniejszych, ostre krawędzie są nader pospolite.

Ślady wleczenia rzadziej bywają związane z drewnem, chociaż dla wielu z nich, których zakończeń nie znamy, i taka okoliczność musi być brana pod uwagę. Ponieważ butwiejące kawałki drewna mają gładkie przełamy i graniaste kształty, to wleczone po dnie pozostawia ślady, których nie da się odróżnić od śladów wleczenia łupków. Niemniej jednak bezpośredni związek śladów wleczenia z drewnem kopalnym rzadko daje się obserwować, a wśród zebranych przez nas okazów tylko jeden hieroglif wleczeniowy urywał się na odcisku po zwęglonym kawałku drewna.

INNE HIEROGLIFY TOWARZYSZĄCE ŚLADOM WLECZENIA

Wśród hieroglifów z fliszu karpackiego można wyróżnić pewne formy, które najczęściej będą występować razem. I tak np. śladom wleczenia towarzyszą z reguły hieroglify prądowe. Często i kierunek takich hieroglifów jest w ogólnych zarysach ten sam, co kierunek śladów wleczenia. W zachodniej i południowej części fliszu podhalańskiego hieroglify prądowe i ślady wleczenia, obserwowane w różnych ławicach piaskowców chochołowskich, wskazują regionalnie w ogólnych zarysach kierunek W-E (p. fig. 3). Materiał i prądy szły w tej części zbiornika z zachodu z lekkim odchyleniem ku NE. W przypadku takich zgodności nasuwa się wniosek pokrewieństwa hieroglifów prądowych i śladów wleczenia, które zresztą należą razem do grupy syn-depozycyjnych (M. Książkiewicz, 9), a więc związanych z sedymentacją piaskowców. Przemawia za tym ich zależność od miąższości ławic, wyrażona we wzajemnym stosunku proporcjonalnym. Na ogół im grubsze są ławice, tym większe są na ich spagu

hieroglify prądowe i ślady wleczenia (choć nie jest to bynajmniej regułą).

Z drugiej strony, tam, gdzie rozwinęły się w pełni i wyraźnie hieroglify organiczne, nie ma najczęściej śladów wleczenia. Zdarzają się jednak pod tym względem godne uwagi wyjątki (9) i do nich jeszcze w dalszej części tej pracy powrócimy (str. 61). Ogólnie biorąc możemy jednak

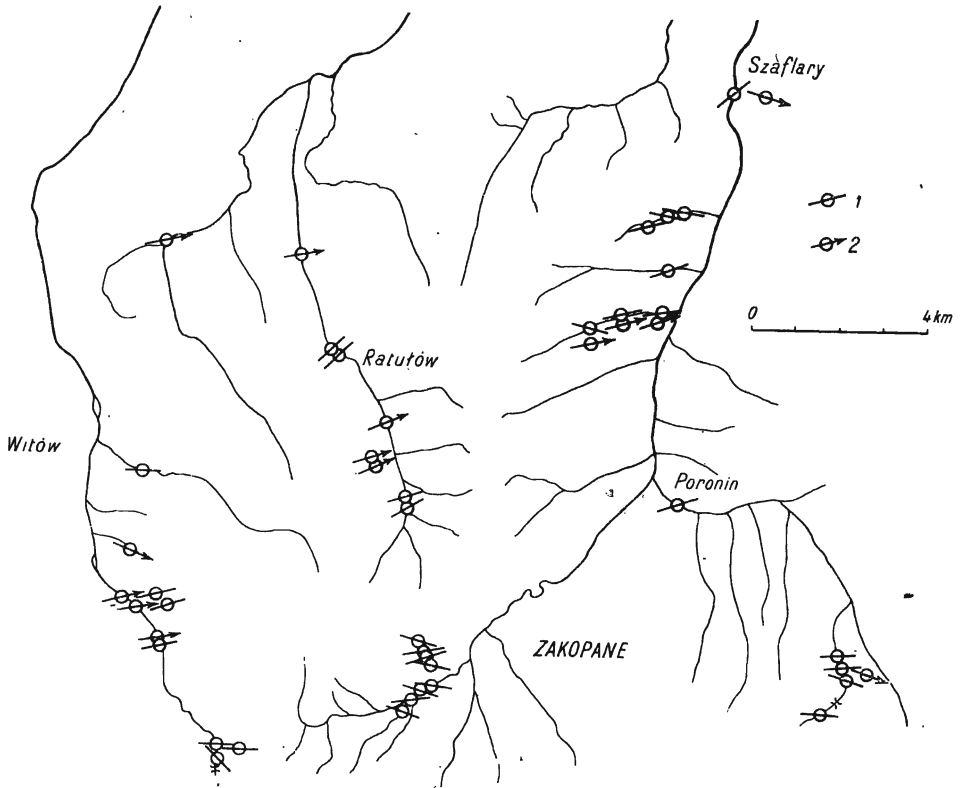


Fig. 3

Schematyczna mapa kierunków śladów wleczenia i hieroglify prądowych w piaskowcach fliszu podhalańskiego

1 kierunki śladów wleczenia, 2 kierunki hieroglify prądowych

powiedzieć, że wyraźne hieroglify organiczne i wyraźne ślady wleczenia eliminują się nawzajem. Pierwsze z nich należą zresztą do grupy hieroglify pre-depozycyjnych (9), więc powstały w okresie poprzedzającym osadzenie się piaskowca, ostatnie zaś są nierozdzielnie związane z aktem depozycji i ze zmianami, które niejednokrotnie doprowadzały do zatarcia wcześniejszych śladów organicznych i do zupełnej zagłady życia.

STOSUNEK HIEROGLIFÓW DO PODŚCIEŁAJĄCYCH PIASKOWCE ŁUPKÓW

Jak wiadomo, większość hieroglifów, z pominięciem tych, które utworzyły się w spągu świeżej jeszcze i miękkiej ławicy piasku, są to odlewy szczegółów morfologicznych istniejących niegdyś na dnie morza fliszowego. Było to dno ilaste. Dzisiejsze łupki reprezentują w skali czasowej o wiele dłuższe okresy niż ławice piaskowców, w powolnej zaś sedymentacji osadu ilastego zamyka się większa część historii rozwoju geosynkliny karpackiej.

Sposób, w jaki mogły się utworzyć i zachować pod wodą w miękkim ilastym materiale subtelne formy hieroglifowe, był i jest jeszcze przedmiotem dyskusji, której tu powtarzać nie będziemy. Przychylamy się do tych poglądów, według których konsystencja łu morskiego niekoniecznie miała być tak słaba, aby ślady w nim utworzone zasklepiały się natychmiast z powrotem (7, 17). Wykonane na głębokości 800 m fotografie współczesnego dna morskiego wysłanego łem (u wybrzeży kalifornijskich) potwierdziły w pełni słuszność takiego zapatrywania (Northrup, 16). Widać na tych fotografiach m. in. wyraźne ślady pełzania. Taka konsystencja łu może być spowodowana nie tylko prądami dennymi, lecz również bardzo powolną sedymentacją. Ślady wleczenia mają jednak miejscami wprost niewiarogodnie ostre krawędzie i podwieszane ściany. W tym przypadku należałoby więc, obok wspomnianej dość trwałej konsystencji, dopuścić istnienie jeszcze innych okoliczności, które przyczynić się mogły do powstania konturów o tak zdumiewającej ostrości. Prądy zawieszinowe (str. 55) np. mogły w tym przypadku zmieść najbardziej powierzchniowe i najbardziej miękkie warstewki łu dennego, w konkretnym zaś przypadku podwiesz (fig. 6) niewątpliwie duży udział w ich powstawaniu miała kompakcja osadu ilastego (str. 62).

Szczegóły morfologiczne w łu (pozytywy hieroglifów) mogły zachować swoją indywidualność, dopóki nie został on przysypany piaskiem. Już pod niewielkim stosunkowo naciskiem (zwłaszcza przy dużym ciśnieniu ze wszystkich stron) łu zachowują się plastycznie; rozplývają się na boki, wciskają się z łatwością w szczeliny powstałe w niezupełnie jeszcze stężalnym i skonsolidowanym piasku (p. niżej str. 64; pl. VII, fot. 1). Pierwotna struktura sedymentacyjna ulega przy tym zupełnemu zatarciu, łu zaś przekształca się szybko w typowy tektonit — łupek fliszowy. Dlatego też, czy to jako toczne w nieskonsolidowanych osuwiskach, czy to jako okruchy w piaskowcach fliszowych, łupki fliszowe niewiele się różnią od łupków, które podściełają ławice piaskowcowe i które nieosiónięte przeszły przez całą historię tektoniczną geosynkliny. Szukanie przeto oryginalnych pozytywów w łupkach jest bezcelowe, tym bardziej, że nie ma bodaj takiego miejsca we fliszu, w którym by stykające się pierwotnie

partie łupków i piaskowca zachowały to położenie w czasie fałdowań. Przy tego rodzaju ruchach przesunięcia między ławicami, choć często niewidoczne, są regułą.

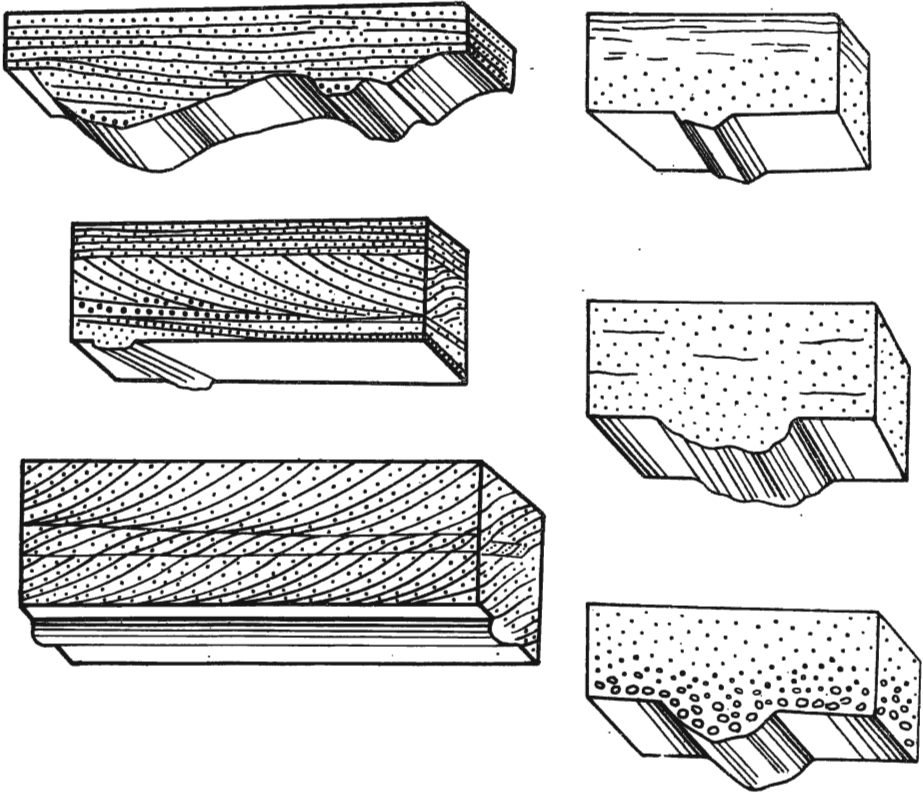


Fig. 4

Typy strukturalne ławic, na których spągu występują ślady wleczenia

TYPY STRUKTURALNE ŁAWIC Z HIEROGLIFAMI WLECZENIOWYMI ORAZ
GENEZA ŚLADÓW WLECZENIA W ŚWIEŁE TEORII PRĄDÓW
ZAWIESINOWYCH

Uwagi wstępne

Ślady wleczenia pojawiają się na spągu ławic o różnym wykształceniu strukturalnym³. Występują one na spagowej powierzchni piaskowców o uwarstwieniu laminowanym, przekątnym, złożonym oraz frakcyj-

³ Przez słowo „struktura“ rozumiemy przestrzenne uporządkowanie składników skały. Używamy tego terminu w znaczeniu analogicznym, jakie ma on w tektonice (np. struktura fałdowa).

nalnym⁴ i wreszcie na powierzchni spągowej piaskowców jednorodnych⁵. Ponadto ślady wleczenia pojawiają się na spągowej powierzchni ławicy o złożonej budowie, np. bezwarstwowych w partiach spągowych, laminowanych zaś lub przekątnie uwarstwionych w partiach stropowych.

W typowych zlepieńcach i żwirowcach ilastych⁶ śladów wleczenia oraz innych hieroglifów nie obserwowaliśmy.

Jak widzimy, ślady wleczenia występują na spągowej powierzchni piaskowców o różnym typie strukturalnym. Nasuwa się przeto pytanie, czy z wszystkimi tymi ławicami ślady wleczenia są bezpośrednio związane genetycznie. Przez pojęcie bezpośredniego związku genetycznego będziemy rozumieli taki przypadek, gdzie ślady wleczenia są wywołane przez okruchy transportowane razem z tym osadem, który tworzy następnie ławicę piaskowca. Tym złożonym zagadnieniem, które wiąże się ściśle z teorią prądów zawieszinowych, zajmiemy się poniżej.

Aby uniknąć nieporozumień z powodu nieustalonej jeszcze w języku polskim terminologii podmorskich ruchów masowych, określiliśmy na wstępie, co rozumiemy przez termin „osuwisko podmorskie“, a co przez „prąd zawieszinowy“.

Osuwiskiem podmorskim będziemy nazywali zsuwający się pod wpływem grawitacji płat osadów bez rozproszenia w fazie ciekłej (niem. Gleitung, ang. sliding). Prąd zawieszinowy jest to natomiast dwufazowy układ rozpraszający (dyspersyjny). Jego definicja z uwagi na obszerną literaturę nie wymaga komentarzy (H. S. Bell 2, Ph. H. Kuenen 10, Ph. H. Kuenen & C. I. Migliorini 13, C. I. Migliorini 14). Między osuwiskami a prądami zawieszinowymi istnieją oczy-

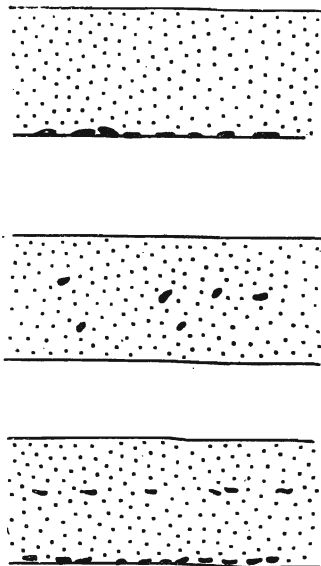


Fig. 5

Rozmieszczenie przestrzenne okruchów łupkowych w bezwarstwowych piaskowcach fliszowych

⁴ Wymienione wyżej typy litologiczne zostały wyróżnione i opisane przez M. Książkiewicza we fliszu karpackim, przeto pomijamy tu ich charakterystykę.

⁵ Mamy tu na myśli piaskowce zwykle o drobnym ziarnie, pozbawione widocznego warstwowania lub o bardzo słabo zaznaczonej laminacji czy gradacji frakcyjnej.

⁶ Terminem „żwirowiec ilasty“ określamy sypkie skały żwirowe o spoiwie ilastym. Są one bezwarstwowe; pojawiające się w nich powierzchnie oddzielności, równoległe do spągu i stropu, są przypuszczalnie wywołane kompaktacją i czynnikami tektonicznymi.

wieści przejścia ciągle w postaci np. osuwisk nieskonsolidowanych (niem. Rutschung) z pozawijanymi w toceńce płatami pierwotnych ławic.

Współczesna teoria prądów zawiesinowych dokonała, jak wiadomo, przewrotu w naszych dotychczasowych pojęciach o sedymentacji fliszu karpackiego (9). Ślady wleczenia, o których piszemy i których bodaj żadna przedtem koncepcja sedymentacyjna nie mogła wyjaśnić w sposób zadowalający, są na tle tej właśnie teorii czymś zupełnie naturalnym i oczywistym. I na odwrót, badania nad śladami wleczenia, a zwłaszcza nad sprawą genetycznego powiązania z ławicami, nie tylko mogą rzucić nowe światło na zagadnienie tektonicznego rozwoju geosynkliny karpackiej, ale i wyjaśnić wiele szczegółów w samej koncepcji prądów zawiesinowych. Dlatego też potraktowaliśmy problemat tych hieroglifów jako zagadnienie nierozzerwalnie związane z całokształtem sedymentacji ławic piaskowcowych fliszu.

Zlepieńce i żwirowce ilaste

Według współczesnych poglądów na sedymentację fliszu ławice zlepieńców egzotykowych, żwirowce ilaste, wreszcie niektóre ły egzotykowe (Wildflysch Fazies w Alpach) są formami akumulacyjnymi bardzo gęstych prądów zawiesinowych (Carozzi 3, Natland i Kuenen 15, Kuenen 12, Wieser 20). Przesuwający się po dnie prąd tego typu, wlokąc ze sobą różnorodny materiał skalny, dysponuje ogromną ilością narzędzi, zdolnych do żłobienia śladów. Ale właśnie z powodu dużej ilości narzędzi żłobiących prąd nie pozostawia po sobie wyraźnych hieroglifów wleczeniowych, gdyż liczne, wyżłobione w ilastym podłożu ślady są wzajemnie przez siebie zacierane. W rezultacie powierzchnia dna, po której przesuwają się taki prąd, zostaje mniej lub więcej wygładzona. Prąd zawiesinowy, niosący ze sobą dużo grubego materiału, nie pozostawia zatem hieroglifów wleczeniowych, a jego wpływ na morfologię dawnego dna wyrazić się może w erodowaniu obszerniejszych zagłębień.

Piaskowce o warstwowaniu frakcjonalnym

W piaskowcach o uwarstwieniu frakcjonalnym, których powstanie obszernie ostatnio opisał M. Książkiewicz (9), możliwości zachowania się śladów wleczenia są o wiele lepsze, niż w zlepieńcach. Dotyczy to głównie tych piaskowców, które posiadają mniejsze ilości żwirów. W składach tego typu niemal z reguły występują fragmenty łupków (Kuenen & Migliorini 13, Migliorini 14, Książkiewicz 9), które, wleczone po dnie prądem zawiesinowym, mogą pozostawić po sobie tego rodzaju hieroglify. Ślady wleczenia występujące na spagu takich ławic są z nimi bezpośrednio genetycznie związane.

Piaskowce jednorodne

Zajmiemy się obecnie nieco szczegółowiej grupą piaskowców o strukturze niewyraźnej, często bezwarstwowej, które nazwaliśmy jednorodnymi. Geneza tych skał nie jest jeszcze dokładnie poznana. W piaskowcach, o których piszemy, znajdujemy często okruchy łupków różnej wielkości. Czasem występują one sporadycznie i tkwią bezładnie w różnych częściach ławicy. Czasem łupki grupują się tylko w spągowych partiach ławicy, czy też pojawiają się w postaci wtrąceń poziomych lub ukośnych. Orientacja okruchów bywa rozmaita: niektóre leżą skośnie, inne poziomo lub pionowo.

Pomimo braku takich struktur, które zwykle się przyjmować za dowód sedymentacji w prądach zawieszinowych (uwarstwienie frakcyjne), i w tym przypadku musimy się do nich uciec, aby wyjaśnić obecność wspomnianych wyżej fragmentów łupkowych.

Jednorodność i dobre przesortowanie piaskowców tego typu może być niekiedy wskaźnikiem długiego transportu w prądzie zawieszinowym (Książkiewicz, 9), który osadził przedtem grubszy materiał zwirowy (p. niżej fig. 7).

Powstać może również i taka okoliczność, że prąd zawieszinowy już od samego początku niósł drobny materiał dobrze wysortowany. Na pe-

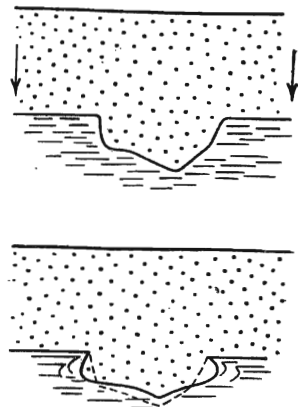


Fig. 6

Deformacja śladu wleczenia pod wpływem kompaktacji osadu

1 przypuszczalna forma pierwotna hieroglifu (linia kreskowana), 2 forma zniekształcona z podwieszonymi ścianami

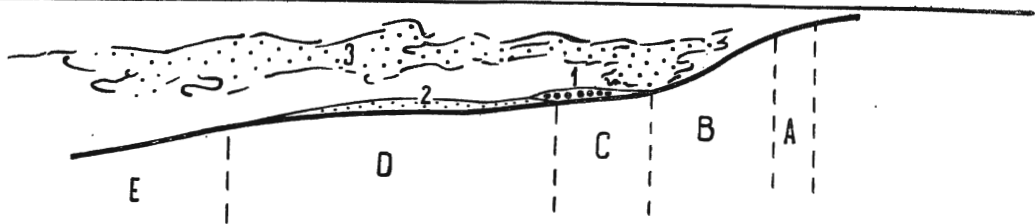


Fig. 7

Rejony erozji i depozycji prądu zawieszinowego

A rejon zaczątkowego osuwiska, B rejon erozji prądu głównego i powstawania wtórnych prądów zawieszonych, C rejon osadzania się grubego materiału (frakcyjne uwarstwienie) i tworzenia się śladów wleczenia, D rejon sedymentacji materiału drobniejszego, niesionego przez prąd główny, i tworzenia się śladów wleczenia, E rejon wyłącznej sedymentacji prądów zawieszonych (uwarstwienie laminowane). Prądy zawieszane (3) sedymentują również w rejonach B, C, D

ryferii zbiornika fliszowego mógł bowiem gromadzić się piasek, składany przez prądy płynące równoległe do brzegu, tak jak to się dzieje współcześnie na wybrzeżach Bałtyku. Piaski takie bywają dobrze przesortowane i jednorodne.

W wielu przypadkach prądy zawieszinowe mogą być wywołane osuwiskiem całego kompleksu takich właśnie piaszczystych osadów i stąd bierze się ich jednorodność i wysoki stopień przesortowania. Fragmenty łupków, które w takim prądzie są w pewnym znaczeniu ciałami obcymi, albo zostały wyerodowane z dna (fig. 8B), lub też znajdowały się w formie ławic w kompleksie osadów, który obsuwając się dał początek lawinie podmorskiej (fig. 8A). Z chwilą, gdy lawina przekształciła się w prąd zawieszinowy, już zdiagenezowane ławice łupków uległy rozdrobnieniu.

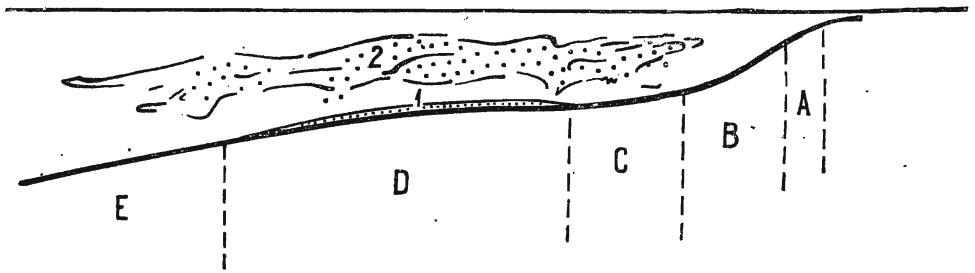


Fig. 8

Rejon erozji i depozycji prądu zawieszinowego, niosącego od początku materiał drobny i przesortowany

A rejon początkowego osuwiska, B rejon erozji, C rejon, po którym przeszedł prąd główny nie pozostawiając osadów, utworzywszy jednak ślady wleczenia, D rejon sedymentacji prądu głównego (1) i tworzenia śladów wleczenia, E rejon wyłącznej sedymentacji prądów zawieszonych

Okruchy wleczone po dnie pozostawiają ślady, o których mówiliśmy na wstępie. Niektóre z nich są unoszone ponad dnem i tylko od czasu do czasu jakiś fragment muśnię jego powierzchnię, po czym porwany dalej pozostawi po sobie wygasającą obustronnie bruzdę. Niekiedy odbija się szereg razy od dna, znacząc ciągnący się prostolinijnie, przerywany ślad. Inne fragmenty, ciśnięte gwałtowniejszą turbulencją lub wypadkową nabytego pędu masy i własnego ciężaru, zaryją się głębiej i pozostawiwszy krótkie ślady zostaną już na dnie (fig. 2a i pl. II). Zdarzyć się może, że taki okruczek zostanie ponownie oderwany przez prąd i tylko zagłębienie, wypełnione później piaskiem, wskazuje nam miejsce jego chwilowego spożyciu (fig. 2c).

Ponieważ poruszający się układ dyspersyjny jest w stanie gwałtownej turbulencji, okruczek mogą w pewnym zakresie zmieniać kierunek swego przebiegu. To powoduje zjawisko przecinania się śladów wleczenia,

genetycznie związanych z tym samym prądem. Im szybszy jest ruch prądu, tym bardziej zbliżone do linii prostej są tory okruchów, a zarazem tym mniejszy jest kąt przecięcia się śladów. Z chwilą jednak, gdy zamieranie ruchu w prądzie lub tarcie o dno wlezonego okrucha spowoduje zmniejszenie się jego prędkości, prostoliniowość torów będzie mniej zaakcentowana. Pęd masy nie będzie już dominującym czynnikiem w porównaniu z turbulencjami bocznymi, przeto skrzywienia, a nawet skręcenia torów należeć będą do zjawisk pospolitych. I to właśnie obserwujemy przy zakończeniach śladów, tam gdzie urywają się one na łupkach (pl. V).

Ślady wleczenia są zatem genetycznie i bezpośrednio związane z tym właśnie typem strukturalnym piaskowców. Ich stan zachowania zależy będzie od charakteru prądu, z którego powstała dana ławica piaskowcowa. Jeżeli prąd taki mógł erodować podłoże, to mógł również zacierać własne ślady wleczenia. Na spągowej powierzchni ławic niektórych piaskowców jednorodnych widzimy często gładkie powierzchnie, na których poza drobnymi zarysowaniami nie ma innych nierówności. Zarysowania te są przypuszczalnie dziełem trącego o dno piasku.

Piaskowce laminowane

Bardzo wyraźne ślady wleczenia pojawiają się, zachowane niekiedy z najbardziej subtelnymi szczegółami, na spągowej powierzchni piaskowców drobnoziarnistych o uwarstwieniu laminowanym. Zagadnienie bezpośredniego związku genetycznego między tym typem strukturalnym a śladami wleczenia jest bardzo złożone.

Gdybyśmy przyjęli wyłącznie hipotezę powstania piaskowców o laminowanym uwarstwieniu na drodze rytmicznego opadu subtelnej zawiesiny w warunkach zasadniczo spokojnych (Barrell 1917, 1), nie byłoby potrzeby upatrywania bezpośredniego związku między śladami wleczenia a samą sedymentacją tych piaskowców. Jest bowiem oczywiste, że przesuwania sporych kawałków łupków, i to w sposób najwyraźniej gwałtowny (np. proste ślady wleczenia), nie można pogodzić z koncepcją spokojnej sedymentacji piaskowców laminowanych.

Dziś jednak patrzymy na zagadnienie sedymentacji tych skał również z punktu widzenia teorii prądów zawieszinowych. M. Książkiewicz (9), zrywając z dotychczasowymi poglądami, wiąże genezę piaskowców laminowanych z bardzo rozcieńczonymi prądami zawieszinowymi.

W środowisku morskim tego typu prądy mogą powstawać z różnych powodów. Wzbudzać je może np. silne falowanie w strefie litoralnej, skąd rozchodzą się one w głąb basenu sedymentacyjnego (9). W tym przypadku nie mielibyśmy żadnego związku genetycznego między piaskowcami

laminowanymi o tej genezie a występującymi na ich spągu śladami wleczenia, prądy te byłyby bowiem zbyt słabe, by przynieść na większe odległości znaczne stosunkowo fragmenty łupków, jakie są znajdowane w zakończeniach hieroglifów wleczeniowych.

Laminacja może jednak powstawać w rezultacie wypadania materiału z wtórnych prądów zawieszinowych (por. fig. 7 i 8), które wzbijają się w górę przy przechodzeniu gęstszego prądu głównego, toczącego się po dnie (Książkiewicz, 9). Prądy te są jednak zbyt słabe, aby transportować i wlec fragmenty łupkowe, tym bardziej, że rozprzestrzeniają się one wolno. Zarówno te prądy, jak i same ślady wleczenia są wywołane wspólną wprawdzie przyczyną, a mianowicie przejściem prądu głównego, lecz stosunek genetyczny, który je wiąże, jest tylko pośredni. Aby wyjaśnić, skąd się wzięły ślady wleczenia na spągowej powierzchni drobno laminowanych piaskowców, należałoby rozpatrzeć przypadek teoretyczny, który można w pewnym zakresie odtworzyć łatwo doświadczalnie w zwyczajnej kałuży (fig. 8).

Prąd zawieszinowy zaczyna się osuwiskiem w strefie A. Stąd, albo z rejonu B, pobiera on okruchy łupkowe. Następnie główny prąd, który toczy się dnem, unosi je do rejonu C. Tam, z powodu rozcieńczenia prądu, który właśnie w rejonie C posiada największą szybkość, okruchy te wypadają i wleczone po dnie pozostawiają po sobie ślady. Drobniejszy materiał piaszczysty prądu głównego zostaje jednak w wyniku nabytej prędkości uniesiony dalej i sedymentuje dopiero w rejonie D. Ślady wleczenia w rejonie C reprezentują zatem w tym przypadku epizodyczny akt przejścia prądu zawieszinowego, któremu nie towarzyszyła na danym odcinku sedymentacja.

Wzniesione przy przechodzeniu prądu głównego przez rejon B wtórne prądy zawieszinowe (p. wyżej) przez dłuższy czas sedymentują na rozległym obszarze B, C, D i E powodując powstawanie ławic laminowanych. W rejonie C laminy osiadają na świeżo wyżłobionych śladach utrwalając ich kształty⁷.

⁷ Sedymentację takich pyłów można przyrównać do zjawisk obserwowanych we współczesnych lawinach śnieżnych. Przed kilku laty np. zeszła duża lawina z Mięgoszowieckich Szczytów w Tatrach. Zaczęła się ona w górnej części północnej ściany i w postaci szybkiego prądu zawieszinowego przeszła przez jej część środkową i tzw. Kocioł wzbijając tumany pyłu śnieżnego. Główna masa lawiny zatrzymała się dopiero przy samym stawie. Wzbudzone przez nią potężne chmury delikatnych śnieżnych prądów sedymentowały przez długi czas na odsłoniętych ponownie przez lawinę częściach ściany zasypując subtelnym pyłem głębokie ślady wleczenia, pozostawione w podścielającym, bardziej scementowanym śniegu przez kawałki kamieni, lodu i twardszego śniegu. Ponadto chmury pyłów śnieżnych wyprzedziły zatrzymujący się prąd główny i dotarły aż do Rostoki (ok. 5 km dalej).

Między utworzeniem się śladu wleczenia a początkiem sedymentacji drobnego materiału z prądów zawieszonych⁸ nie upłynęło w tym przypadku wiele czasu. Można nawet przypuszczać, że zaczęła się ona zaraz po przejściu głównej masy i stąd pochodzą owe szybko utrwalone przez osad nadzwyczaj ostre zarysy obserwowane w takich hieroglifach. Niekiedy jednak, zanim ślad zostanie przysypany, upłynie tak długi okres czasu, że zdążą się utworzyć hieroglify organiczne. Sedymentacja piaskowca laminowanego nie będzie wtedy nawet pośrednio związana z tymi śladami, a delikatne prądy zawieszinowe, powodujące powstawanie lamin, nie mają w tym przypadku nic wspólnego z prądem, który pozostawił hieroglify wleczeniowe.

Natomiast wydaje się, że może istnieć związek bezpośredni śladów wleczeniowych z powstawaniem ławic o złożonej strukturze, których partie spagowe zawierają materiał niewarstwowany i nieco grubszy, reszta zaś ławicy ma uwarstwienie laminowane. Przypuśćmy, że po skłonie B (fig. 9) spływa gęsty prąd złożony z masy jednorodnego piasku z frag-

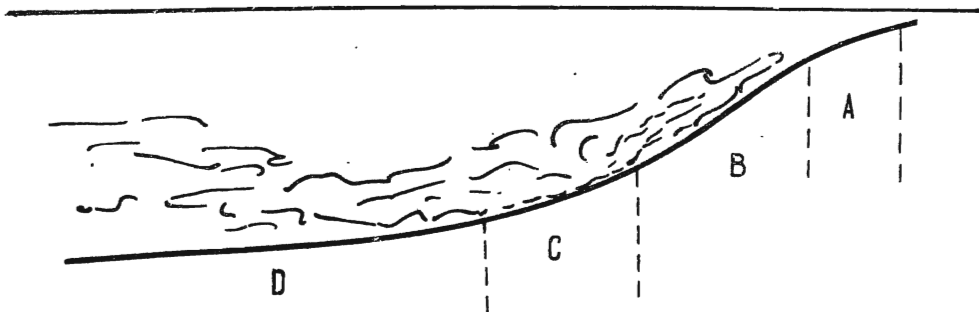


Fig. 9

Rejony erozji i depozycji rozpraszającego się prądu zawieszinowego
 A rejon początkowego osuwiska, B rejon erozji, C rejon zupełnego rozproszenia prądu głównego i tworzenia się śladów wleczenia, D rejon wyłącznej sedymentacji prądów zawieszonych

mentami łupków. Jeżeli droga, jaką prąd ten przebywa w rejonie B, jest odpowiednio długa, prąd główny może tam nabyć takiej szybkości, że większa część toczącej się po dnie masy wzbije się w górę, dając prądy zawieszone. W rejon C dostaje się tylko nieco grubszy materiał wraz z fragmentami łupków żłobiącymi ślady, który tutaj sedymentuje. Na

⁸ Prąd zawieszinowy w pewnych przypadkach składa się z prądu głównego, bardziej gęstego, który płynie po dnie, i rozcieńczonych prądów wtórnych, które mogą rozprzestrzeniać się „zawieszono” ponad dnem. Termin „prąd zawieszony” wprowadza do literatury polskiej M. Książkiewicz (9).

nim osiadają kolejno poszczególne „chmury“ dając w rezultacie ławice o budowie złożonej. Związek śladów wleczenia (w C) z powstawaniem ławicy o budowie złożonej jest zatem bezpośredni.

Ławice o warstwowaniu przekątnym

Przechodzimy z kolei do ostatniego typu strukturalnego, a mianowicie do ławic o uwarstwieniu przekątnym. Utworzyły się one w rezultacie działania prądu, który przetaczał złożony już osad. Z uwagi na drobne ziarno osadu i subtelność jego warstwowania musimy przyjąć, że prądy musiały mieć tu prawdopodobnie szybkość rzędu 20—30 cm/sek. (Książkiewicz, 9), nie mogły więc one wlec okruchów łupkowych, których rozmiary dochodzą do kilkunastu cm. Między ławicami o przekątnym uwarstwieniu a występującymi w ich spągu śladami wleczenia nie ma zatem w tym przypadku ani pośredniego, ani bezpośredniego związku przyczynowego. Prądy trakcyjne mogły wprawdzie powstać jako echo prądów zawieszinowych, ich związek jednak ze śladami wleczenia jest ostatecznie bardzo daleki. Ławice o warstwowaniu przekątnym przysypywać mogły tylko już uprzednio utworzone ślady.

PSEUDOHIEROGLIFY I HIEROGLIFY POST-DEPOZYCYJNE

Grupą hieroglifów post-depozycyjnych obejmuje szereg struktur powstałych na spągu i na stropie ławic, struktur, które związane są z procesami zachodzącymi zarówno wewnątrz w osadzonej już ławicy piasku (ewent. piaskowca), jak i na jej powierzchni. W zasadzie jednak tylko te ostatnie zasługują na miano hieroglifów, gdyż odzwierciedlają nam one przebieg zjawisk zachodzących na dnie morza podczas sedymentacji. Struktury post-depozycyjne na spągowej powierzchni są po części wyrazem tych procesów, które stoją na pograniczu zainteresowań tektoniki i sedymentologii. Poświęcamy im tutaj osobny rozdział, chociaż bezpośrednio z głównym tematem tej pracy się nie wiążą, gdyż występują one w towarzystwie śladów wleczenia i deformują je nieraz w ten czy inny sposób, poza tym zaś są one częściowo dalszym ciągiem tych procesów sedymentacyjnych, o których mówiliśmy poprzednio.

Wspominaliśmy, że jeżeli nie wszystkie podwieszenia na ścianach śladów wleczenia, to część ich przynajmniej jesteśmy skłonni uważać za objaw kompaktacji osadu pod wpływem ciężaru osadzonej ławicy piaskowca. Właściwie są to tylko deformacje hieroglifów, lecz nie pseudohieroglify w ścisłym tego słowa znaczeniu. Nie zawsze da się jednak oddzielić niekształcone struktury hieroglifowe od pseudohieroglifów powstałych niezależnie od nich. Bardzo często widzimy np. na spągowej powierzchni ławic wypukłości splekane szczelinami w kształcie litery V — typowymi

szczelinami rozszczepienia, jakie obserwujemy zresztą powszechnie przy zjawiskach tektonicznych. Tu jednak rozszczepienie nastąpiło w świeżym jeszcze osadzie. Nie widzimy ani śladu strzałki, krawędzie zaś szczelin mają często miękkie, na pół płynny zarys. Nieraz spotykamy tu formalne rowy tektoniczne, oczywiście na maleńką, centymetrową skalę, rowy takie, jakie powstają przy objawach tensji na wypukłościach wypaczanych ławic (pl. VII, fot. 1). W tym przypadku mamy, rzecz jasna, obraz odwrócony. Tensja objawiła się na spągowej powierzchni ławicy, ponieważ wypaczenie skierowane było ku dołowi (fig. 10). Oczywiście, w wielu przypadkach załączkiem takiej pseudohieroglifowej wypukłości była poprzednio istniejąca, bądź z rozmycia, bądź z jakiegokolwiek innej przyczyny, zakłębłość na dnie.

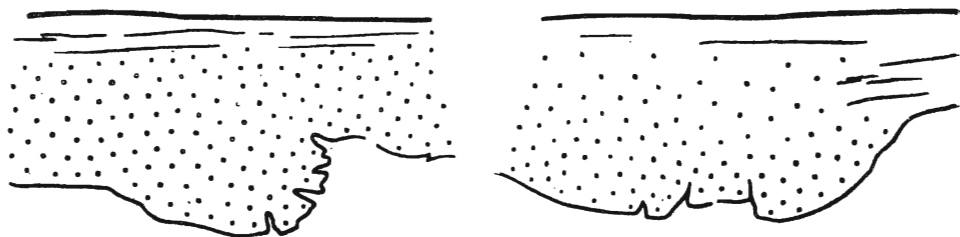


Fig. 10

Deformacje post-depozycyjne w jednorodnym piaskowcu (spąg)

W rynnach wleczeniowych obserwujemy nieraz przesunięcia poszczególnych śladów względem siebie. W tym przypadku mamy raczej do czynienia z „plastycznym płynięciem“ iłu ku wyżłobionej zakłębłości jeszcze przed przykryciem go osadem piaszczystym. Deformacje o charakterze uskoków, które widzimy na zakłębieniach rynny wleczeniowej (pl. V), należy uważać za objawy nierównomiernej kompaktacji lub za ewentualne osuwanie się osadzonej ławicy. Również i drobne uskoki, które przecinają ślady wleczenia na pl. VIII, należą do kategorii pseudohieroglifów. W laminowanym piaskowcu kontynuują się one w głąb zaznaczając się wzajemnymi przesunięciami między warstewkami. Czasem jednak żadnego śladu przesunięć nie widać i wówczas nasuwa się możliwość wcześniejszego utworzenia takich stopni uskokowych, które by można uważać za hieroglify, jak to uczynił Grossheim (6). W przypadku jednak struktury jednorodnej ławicy zagadnienie jest już bardziej skomplikowane: gdy przesunięcie następuje w miękkim jeszcze (aczkolwiek spoistym) piasku bez laminacji, ślad przesunięcia i tak nie jest widoczny.

Mamy wreszcie przejawy wzajemnego horyzontalnego przesuwania się poszczególnych części ławicy piaskowej względem siebie. Powstają

wówczas charakterystyczne szczeliny rozrywu „en échelon“. Ponieważ tworzą się one w stosunkowo miękkim jeszcze i nie skonsolidowanym osadzie, towarzyszą im zmarszczenia, których w analogicznych szczelinach tektonicznego pochodzenia nie obserwujemy.

Ponadto pojawiają się na spągowej powierzchni krzyżujące się splekania z minimalnymi przesunięciami pionowymi (pl. III, fot. 2). Są one wytworzone przypuszczalnie przez kierunkowy nacisk w niestężącej jeszcze masie piaszczystej.

Wszystkie wyżej opisane zjawiska wskazują na to, że proces konsolidacji ławicy piaskowej przechodzi z wolna. W wielu przypadkach zaciera się granica między procesami sedymentacyjnymi a mikrotektonicznymi. Takie zmiany mogą być jeszcze przejawem tendencji do ruchu w zamierającym prądzie zawiesinowym, który złożył swoje osady na pochyłym stoku lub ma jeszcze resztki energii kinetycznej.

Do pseudohieroglifów zaliczilibyśmy również tzw. hieroglify rozplywowe („Gefliessmarken“ Fuchsa, 4, oraz Książkiewicz, 9), które powstają wówczas, gdy łączy się pod ciężarem ławicy piasku (19). Jeżeli do tego procesu dołączy się działanie dodatkowych sił bocznych o jednym kierunku, w rezultacie np. powolnego obsuwania się całego płata piasku na pochylonym lekko dnie, wówczas powstaje rzędowe ułożenie tych pseudohieroglifów rozplywowych, z obserwowaną przez M. Książkiewicza asymetrią. W krańcowym przypadku takiego procesu powstają często formy zbliżone wyglądem do pręg falistych. Stopniowe przejścia od nieregularnych, poduszkatych pseudohieroglifów rozplywowych do bardziej regularnych fałdów na powierzchni spągowej obserwował jeden z autorów tej pracy w profilu warstw krośnieńskich, odsłoniętym w Besku.

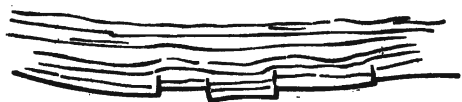


Fig. 11

Drobne uskoki post-depozycyjne na spągu ławicy laminowanej

Podobne formy morfologiczne występują także w stropowych partiach ławic. Tutaj zjawisko to można uchwycić jako odkształcenie typu fałdowego, ponieważ stropowa część ławic bywa często laminowana. Z tymi zjawiskami wiąże się przypuszczalnie „skorupowatość“ stropowych partii niektórych ławic, obserwowana w warstwach krośnieńskich i we fliszu podhalańskim. „Skorupowatość“ taka na stropie ławic wyraża się w nieregularnych, poduszkatych nabrzmieniach. Formy te miejscami przechodzą w wydłużone wypukłości i zakłębnięcia uszeregowane rzędami, czasem zaś w formy zbliżone do ripple-mark'ów (fig. 12). Istnieją hi-

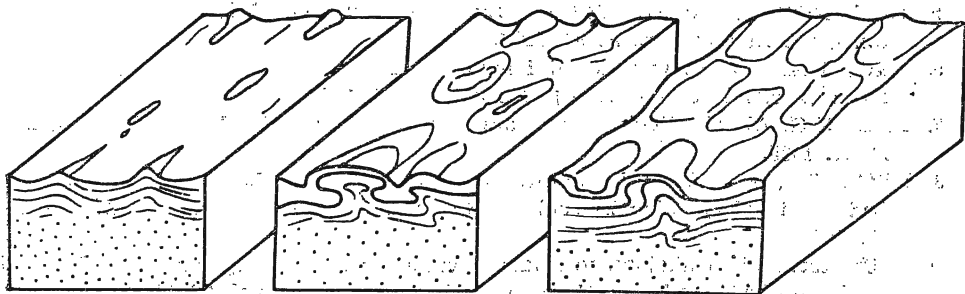


Fig. 12

Spiływy grawitacyjne laminowanej części ławicy i tworzenie się struktury skorupowej

po tezy, według których takie struktury należy wiązać z wydobywaniem się gazu lub wody, wyciskanej przez ciężar gromadzącego się nadkładu (Migliorini, 14). W naszym przypadku hipoteza ta jest trudna do przyję-

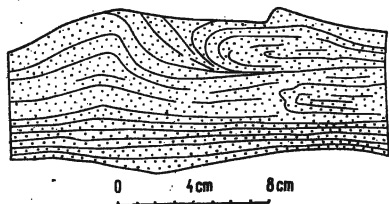


Fig. 13

Fałdy sedimentacyjne w stropowych partiach ławicy „skorupowej“

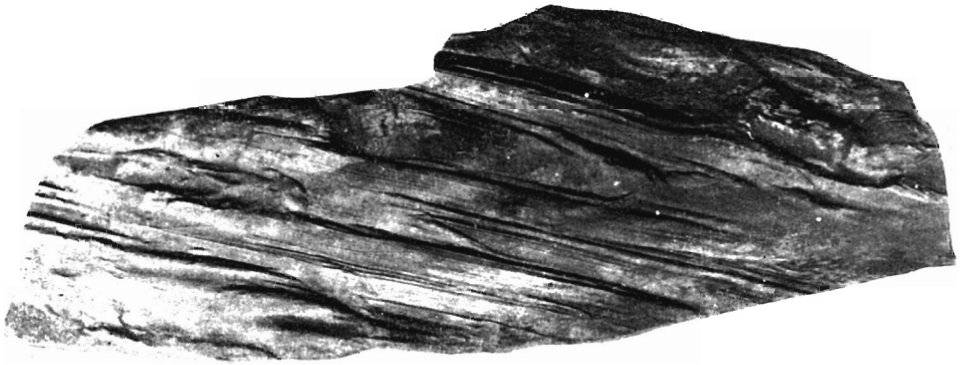
cia, ponieważ w profilu obserwuje się przejścia w regularne fałdy sedimentacyjne lub nawet w fałdy obalone (fig. 12, 13). Charakterystyczną cechą bywa tutaj dysharmonijne fałdowanie w obrębie lamin.

Pracownia Geologiczno-stratygraficzna PAN w Krakowie
i Zakład Geologii Fizycznej AGH (dawniej UJ)
Kraków, październik 1954 r.

LITERATURA CYTOWANA

1. BARRELL J. Rhythms and measurement of geologic time. — Bull. Geol. Soc. Amer., 28. 1917.
2. BELL H. S. Density currents as agents for transporting sediments. — Journ. Geol., 50. 1942.
3. CAROZZI A. „Turbidity currents“ et brèches multicolores du Purbeckien du Grand-Salève (Haute Savoie). — Arch. Sci., vol. 4, fasc. 3. Genève 1951.
4. FUCHS T. Studien über Fukoiden und Hieroglyphen. — Denkschr. Akad. Wiss. Mat.-Nat. Cl., B. 62. Wien 1895.
- 4a. GOŁĄB J. Rockslides and flows and their meaning for the tectonics of the Flysch of Podhale. — Bull. Soc. Sci. et Lettr. de Łódź, vol. V, 1, 1954.

5. GÖTZINGER G. & BECKER H. Zur Gliederung des Wienerwildflysches. — *Jb. Geol. Bundesanst.*, B. 82. 1932.
 6. GROSSHEIM V. A. O značenii i metodike izučeniya gieroglifov (na materiale Kavkazskogo fliša). — *Izv. Akad. Nauk SSSR*, 1946.
 7. KREJCI-GRAF K. Beobachtung am Tropicstrand I-IV. — *Senckenbergiana*, B. 17. 1935.
 8. KSIĄŻKIEWICZ M. Przekątne uwarstwienie niektórych skał fliszowych (Current bedding in Carpathian Flysch). — *Roczn. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.)*, 17. 1948.
 9. — Uwarstwienie frakcjonalne i laminowane we fliszu karpackim (Graded and laminated bedding in the Carpathian Flysch). — *Ibid.*, vol. 22. 1952.
 10. KUENEN PH. Turbidity current of high density. — *Intern. Geol. Congr. Rep.* 18th. Sess. London 1950.
 11. — Properties of turbidity currents of high density. — *Soc. Ec. Paleont. & Miner., Spec. Publ.*, No. 2. 1951.
 12. — Paleogeographic significance of graded bedding and associated features. — *Proc. Kgl. Nederl. Akad. Wetensch., Ser. B*, 55. 1952.
 13. KUENEN PH. H. & MIGLIORINI C. I. Turbidity currents as a cause of graded bedding. — *Journ. Geol.*, 58, No. 2. 1950.
 14. MIGLIORINI C. I. Dati a conferma della risedimentazione delle arenarie del macigno. — *Atti Soc. Toscana Sci. Nat., Mem.* vol. 58, ser. A. Pisa 1950.
 15. NATLAND M. L. & KUENEN PH. H. Sedimentary history of the Ventura Basin, Cal., and the action of turbidity currents. — *Soc. Ec. Paleont. & Miner., Spec. Publ.*, No. 2. 1951.
 16. NORTHROP J. Ocean-bottom photographs of the neritic and bathyal environment south of Cape Cod, Mass. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 62, No. 12. 1951.
 17. RICHTER R. Marken und Spuren in Hunsrück Schiefer. — *Senckenbergiana*. 23. 1941.
 18. SCHUCHERT C. & DUNBAR C. O. Stratigraphy of Western Newfoundland. — *Geol. Soc. Amer. Mem.*, vol. 1. 1934.
 19. SHROCK R. R. Sequences in layered rocks. New York 1948.
 20. WIESER T. Spostrzeżenia nad sedimentacją zlepieńców fliszu karpackiego (Some observations on the sedimentation of conglomerate in the Carpathian Flysch). — *Acta Geol. Pol.*, vol. IV/3. 1954.
 21. ZUBER R. Flisz i nafta. Lwów 1918.
-



Fot. 1
Typowe ślady wleczenia — Płazówka, $\times 0,2$



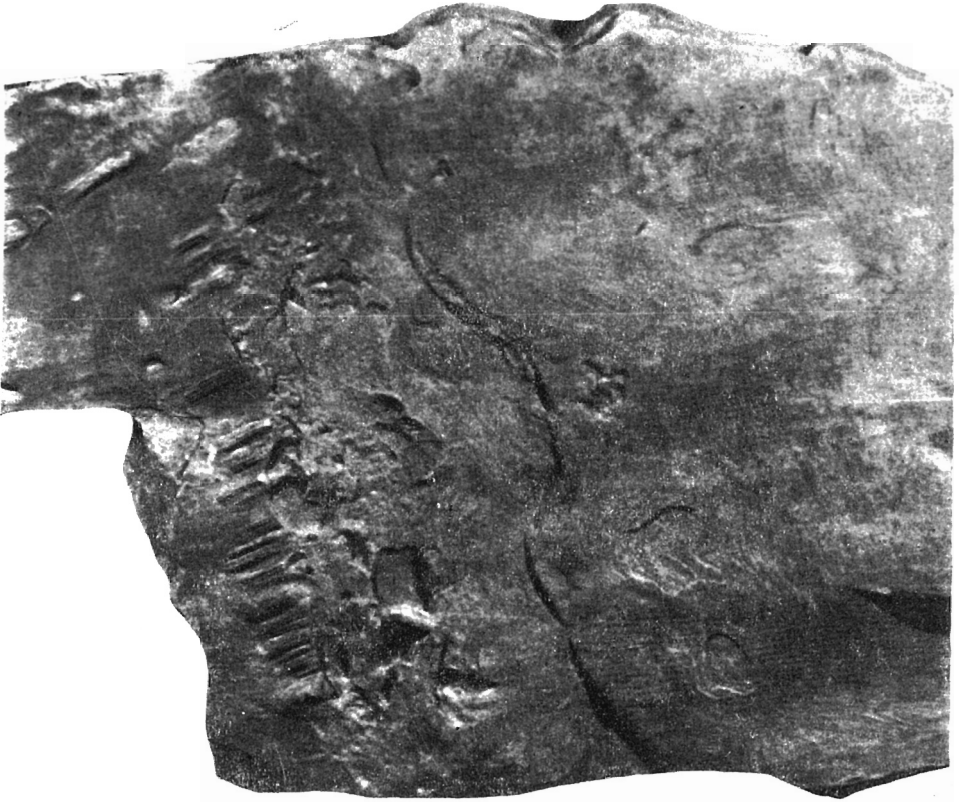
Fot. 2
Zakrzywione ślady wleczenia — Witów, $\times 0,5$

Fot. J. Mulecki



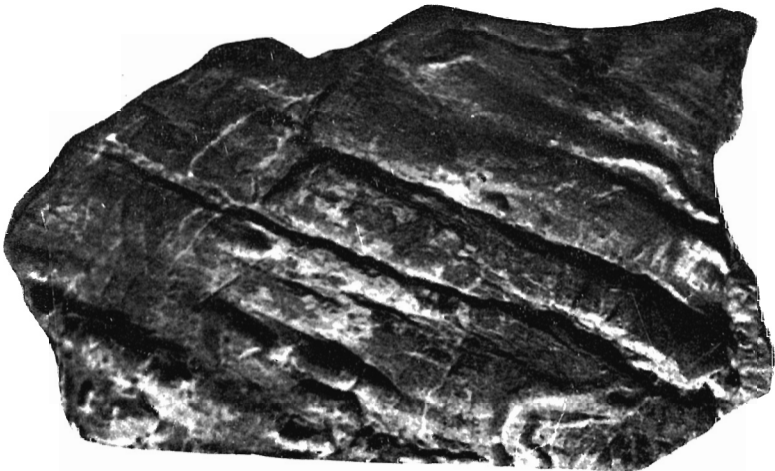
Odlew powierzchni piaskowca z pl. III, fot. 1
(pozytyw hieroglifu), $\times 0,4$

Fot. J. Malecki



Fot. 1

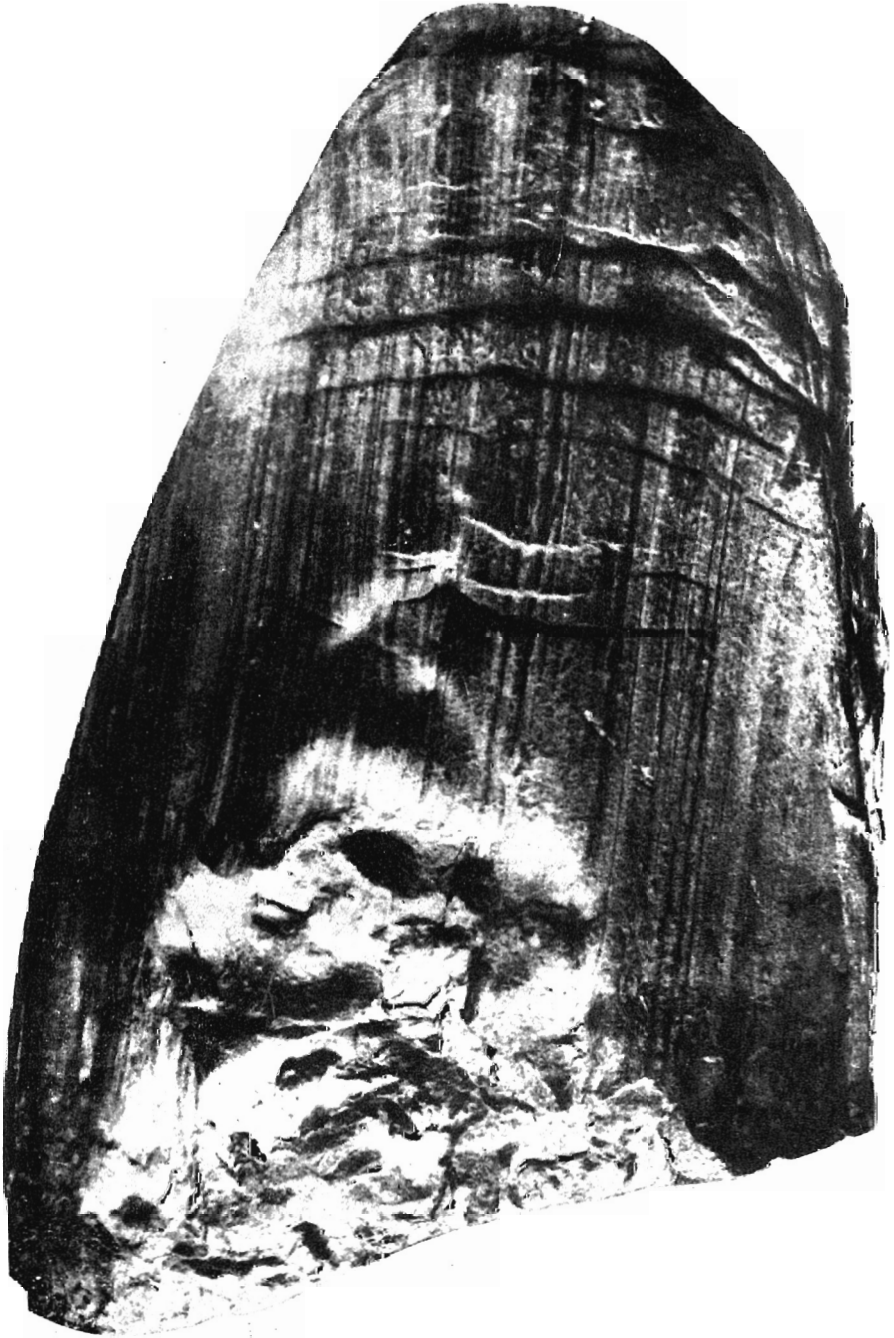
Ślady wleczenia i okruchy łupkowe na spągu piaskowca krośnieńskiego — Besko
× 0,4



Fot. 2

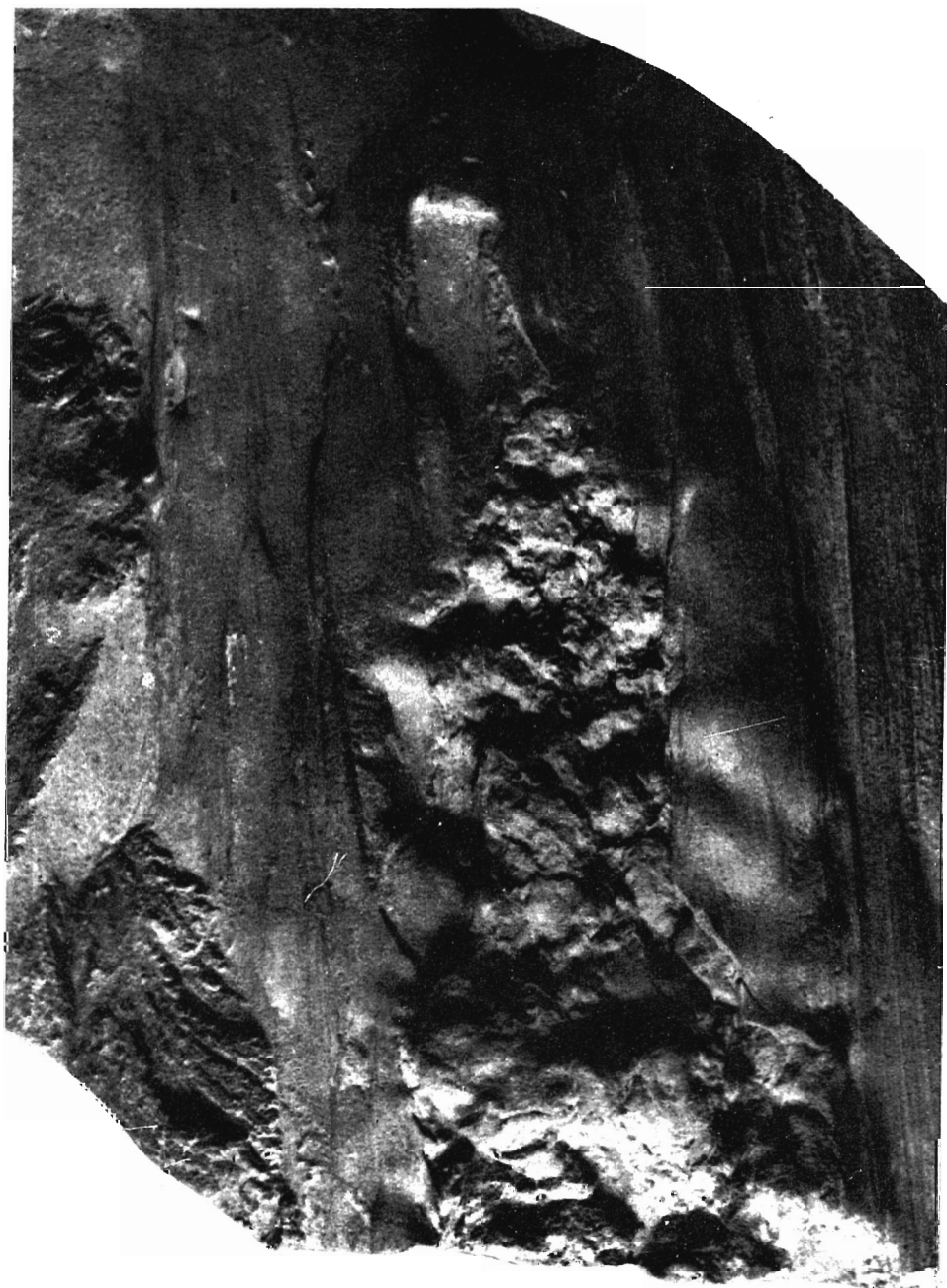
Krzyżujący się system spękań na spągu piaskowca × 0,5

Fot. J. Malecki



Okruchy łupkowe w zakończeniu śladów wleczenia — Płazówka
× 0,5

Fig. 1. Dzułowski



Okruchy łupkowe w rynn timer wleczeniowej ze śladami wleczenia — Płazówka
× 0,5

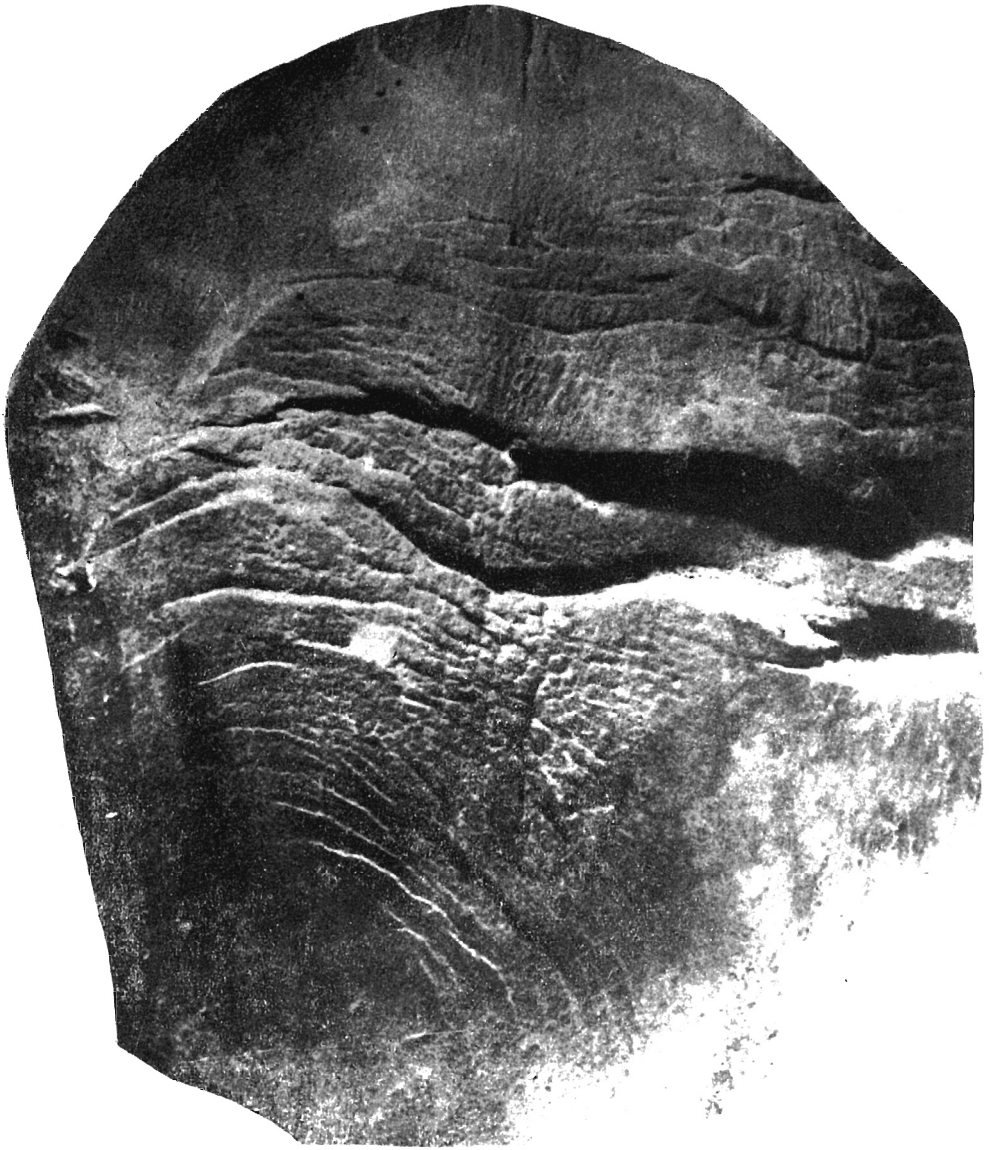
Fot. J. Mielicki



Odcisk fragmentu łupkowego z wypełnieniem szczelin po niedoszłym procesie rozdrabniania — Płazówka

× 0,33

Fot. J. Malecki



Spękania post-depozycyjne na spągu piaskowca — Płazówka

× 0,5

Fot. J. Malecki



Uskoki post-depozycyjne — Piażówka, $\times 0,5$

Fot. J. Malecki