Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego

Stanisław Dżułyński

STANISŁAW (MIŚ) DŻUŁYŃSKI (1924–2001)

Światowej sławy sedymentolog, uczeń Profesora Mariana Książkiewicza, emerytowany profesor zwyczajny w Instytucie Nauk Geologicznych UJ, członek czynny PAU, członek rzeczywisty PAN, członek honorowy towarzystw geologicznych: Amerykańskiego, Londyńskiego i Słowackiego. Twórca sedymentologii eksperymentalnej, nowej dyscypliny naukowej w obrębie geologii.

Wielki Geolog, Wspaniały Człowiek, Mistrz i Nauczyciel.

"…Przedstawiony zbiór struktur sedymentacyjnych zawiera formy erozyjne, deformacyjne i akumulacyjne w ławicach osadów zawiesinowych. W opisach Stanisław Dżułyński przeanalizował ich genezę opierając się w znacznej mierze na wynikach dokonanych przez siebie laboratoryjnych eksperymentów. Wyniki te właśnie, stanowią jedno z największych osiągnięć współczesnej sedymentologii w zakresie rekonstrukcji warunków powstawania sedymentologicznych struktur w głębokomorskich osadach deponowanych z prądów zawiesinowych, gdyż przez laboratoryjne eksperymenty pozwoliły przyjrzeć się dokładniej zjawiskom zachodzącym w środowisku, które w naturalnych warunkach są niedostępne do bezpośrednich obserwacji…"

"…Atlas sam w sobie jest dziełem znakomitym i oczekiwanym od dawna nie tylko przez środowisko polskich sedymentologów zajmujących się osadami prądów zawiesinowych, ale także i zagranicznych. Dokumentuje, ilustruje, klasyfikuje i rozważa genezę opracowanych struktur sedymentacyjnych, uzupełniając i podsumowując dotychczasowy stan odpowiedniej gałęzi wiedzy geologicznej, a równocześnie dopełnia dotychczasowe publikacje prof. dr Stanisława Dżułyńskiego w tej dziedzinie, łącząc je w pewną całość. Publikacja ta, drukowana tuż po śmierci St. Dżułyńskiego, spotka się niewątpliwie z takim samym aplauzem w świecie geologicznym, jak wszystkie wcześniej wydane dzieła tego autora, a jednocześnie uwieczni pamięć tego wielkiego, a równocześnie niezwykle skromnego uczonego..."

(Marek Cieszkowski)

ATLAS STRUKTUR SEDYMENTACYJNYCH FLISZU KARPACKIEGO

ATLAS OF SEDIMENTARY STRUCTURES FROM THE POLISH FLYSCH CARPATHIANS

Material for 12th–Meeting of the Association of European Geological Societies

Institute of Geological Sciences Jagiellonian University

ATLAS STRUKTUR SEDYMENTACYJNYCH FLISZU KARPACKIEGO

ATLAS OF SEDIMENTARY STRUCTURES FROM THE POLISH FLYSCH CARPATHIANS

ATLAS STRUKTUR SEDYMENTACYJNYCH FLISZU KARPACKIEGO

ATLAS OF SEDIMENTARY STRUCTURES FROM THE POLISH FLYSCH CARPATHIANS

Material for 12th-Meeting of the Association of European Geological Societies

Stanisław Dżułyński



Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego Kraków 2001

WSTĘP

Przedstawione w niniejszym atlasie struktury sedymentacyjne pochodzą przede wszystkim z osadów fliszowych polskiej części Karpat zewnętrznych, głównie z oligoceńskich warstw krośnieńskich (por. Dżułyński, 1996), odsłaniających się na SE od Krosna.

Zostały one opracowane i przygotowane do druku przez S. Dżułyńskiego. Niestety Jego nieoczekiwana śmierć, nie pozwoliła Mu na przeprowadzenie końcowej korekty. Nie chcąc jednak ingerować w tekst autorski, została zachowana niezmieniona wersja dostarczona przez autora bez ewentualnych korekt lub uzupełnień.

Okazy przedstawione na zdjęciach znajdują się w Muzeum Geologicznym Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków ul. Oleandry 2a.

Praca finansowana była przez Komitet Badań Naukowych, grant 6 PO4D 013 17.

ZARYS GEOLOGII POLSKICH KARPAT ZEWNĘTRZNYCH

Karpaty zewnętrzne stanowią część łańcucha alpejskiego. Buduje je szereg jednostek tektonicznych : magurska, dukielska wraz z jednostkami przedmagurskimi, śląska, podśląska i skolska. Jednostki te o charakterze płaszczowin są ponasuwane na siebie od południa (Książkiewicz, 1977). Zbudowane są one z głębokowodnych utworów fliszowych, przy czym każda z wymienionych jednostek charakteryzuje się zasadniczo odrebnym rozwojem tych utworów. Wykazują one lateralne zmiany facjalne i miąższościowe. Sedymentacja ich obejmuje odcinek czasowy od późnej jury po wczesny miocen (Bieda et al. 1963). W tym czasie osadzony został, głównie w wyniku działania różnego rodzaju prądów gęstościowych, gruby kompleks ciągłych osadów, który w niektórych basenach przekraczał 6 kilometrów miąższości. Poszczególne baseny sedymentacyjne oddzielone były przez kordyliery i podwodne wypietrzenia, z których głównymi były wyspa /kordyliera/ śląska i wypiętrzenie podśląskie. Materiał klastyczny do basenów dostarczany był prądami zawiesinowymi zarówno z ich południowego jak i północnego obrzeżenia oraz z wyniesień śród-basenowych (Książkiewicz, red., 1962). W czasie ruchów nasuwawczych serie osadowe poszczególnych basenów sedymentacyjnych zostały oderwane od podłoża, a zachowane zostały jedynie ich centralne części.

Redaktor: Urszula Mazurkiewicz Współpraca: Andrzej Ślączka Recenzent: Marek Cieszkowski

Fotografie wykonał: Waldemar Obcowski Skład i druk: Studio D`EL ART

Książka dotowana przez Komitet Badań Naukowych, grant 6 PO4D 013 17 oraz w ramach środków DBW

Copyright by ING UJ, Kraków 2001 ISBN 83-912385-3-9





1-skały krystaliczne Tatr, 2-skały osadowe Tatr, 3-Flisz Podhalański, 4-Pieniński pas skałkowy, 5-Jednostka magurska, 6-Jednostka grybowska, 7-Jednostka dukielska, 8-Jednostka przedmagurska, 9-Jednostka śląska, 10-Jednostka podśląska, 11-Jednostka skolska, 12-Jednostka stebnicka-sfałdowane osady miocenu, 13-Miocen wewnątrzkarpacki, 14-Jednostka Zgłobic-sfałdowane osady miocenu, 15-autochtoniczny miocen Przedgórza Karpat, 16-Andezyty mioceńskie

Sketch-map of the middle part of the Polish Carpathians. 1-crystaline rocks of the Tatra Mts., 2-sedimentary rocks of the Tatra Mts., 3-Podhale Flysch, 4-Pieniny Klippen Belt, 5-Magura unit, 6-Grybów unit, 7-Dukla unit, 8-Fore-Magura unit, 9-Silesian unit, 10-Sub-silesian unit, 11-Skole unit, 12-Stebnik unit-folded Miocene deposits, 13-Miocene onto Carpathians, 14-Zgłobice unit-folded Miocene deposits, 15-autochtonous Miocene deposits of the Carpathian foredeep, 16-Miocene andesites

W seriach osadowych można wyróżnić trzy główne etapy ich rozwoju związane z globalnymi zmianami. Pierwszy etap, trwający od późnej jury po alb, charakteryzował się rozwojem ciemnych osadów ilastych, etap drugi obejmujący odcinek czasowy od cenomanu po późny eocen cechowało pojawienie się czerwonych i pstrych łupków oraz margli, etap trzeci charakteryzował się ponownie brakiem osadów pstrych, natomiast osadziły się brunatne łupki bitumiczne oraz łupki szare.

Geologiczna historia basenów Karpat zewnętrznych zaczęła się w czasie jury, kiedy to rozpoczął się ryfting południowej części platformy północno-europejskiej i utworzył się początkowo basen proto magurski, a następnie, pod koniec jury, basen śląski, gdzie osadzały się ciemne, głównie redeponowane margle (?kimeryd - tyton). Szybka sedymentacja tych resedymentowanych, głównie płytkowodnych osadów, mogła być wynikiem silnych tektonoeustatycznych fluktuacji poziomu morza występujących w tym okresie. Te ciemne osady rozpoczęły okres przewagi warunków euksynicznych, który trwał po najwyższy alb.

Osady mułowcowe przechodzą na przełomie jury i kredy w wapienne turbidity (wapienie cieszyńskie) budujące kilka podmorskich stożków klastycznych. Obecność głębokowodnej mikrofauny otwornicowej wskazuje na szybką subsydencję basenu. Na początku wczesnej kredy osady turbidytowe przechodzą w czarne łupki wapniste z cienkimi piaskowcami (łupki cieszyńskie górne), a następnie w czarne, często krzemionkowe łupki ilaste. Osady tego typu pojawiły się również w innych basenach Karpat zewnętrznych (podśląski i skolski) wskazując na rozszerzanie się sedymentacji fliszowej na coraz większe obszary Karpat zewnętrznych. W czasie hoterywu, barremu i aptu, wśród ciemnych łupków utworzone zostały podwodne stożki zbudowane głównie z gruboziarnistego materiału klastycznego (piaskowce grodziskie). Ich rozwój mógł być związany z wczesno kredowymi ruchami tektonicznymi znanymi z masywu czeskiego. Pękanie platformy północno europejskiej trwało jeszcze w niższej kredzie, związane z tym były podmorskie wylewy magmy typu cieszynitowego, które trwały co najmniej do barremu.

Na początku albu w basenach Karpat zewnętrznych rozpoczęła się powszechnie szybka sedymentacja turbidytów (głównie warstwy Igockie). W czasie cenomanu nastąpiło wyraźne spowolnienie i jednocześnie zunifikowanie sedymentacji. Rozpoczęła się sedymentacja zielonych i czerwonych łupków ilastych z lokalnym poziomem radiolarytowym. Kolejny okres gwałtownej sedymentacji turbidytytowej, związany przede wszystkim z laramijskimi ruchami tektonicznymi, wypiętrzeniem obszarów źródłowych, zwiększoną erozją oraz redepozycją, rozpoczął się na przełomie turonu i senonu. Nastąpiło wówczas zróżnicowanie osadów w poszczególnych basenach. W basenach magurskim i dukielskim sedymentacja, reprezentowana głównie przez średnio- i cienkoławicowe piaskowce i łupki (warstwy inoceramowe-ropianieckie s.l.), rozpoczęła się w czasie kampanu i trwała po paleocen. W basenie śląskim sedymentacja klastyczna zaczęła się na przełomie turonu i senonu, a trwała do dolnego eocenu. W tym czasie osadzały się głównie gruboławicowe, gruboziarniste piaskowce (warstwy godulskie, istebniańskie i ciężkowickie).

W basenie skolskim sedymentacja utworów turbidytowych rozpoczęła się w czasie turonu, a zakończyła w paleocenie. Początkowo osadzały się turbidyty wapienne (margle krzemionkowe - z Hołowni), a następnie grubo- i średnioławicowe turbidyty silikoklastyczne (warstwy inoceramowe-ropianieckie s.l.). Pomiędzy tymi dwoma basenami, na wypiętrzeniu podśląskim, osadziły się czerwone i pstre margle (margle węglowieckie), których sedymentacja objęła senon i trwała lokalnie po środkowy eocen, oraz margle szare (frydeckie) wieku senon-paleocen. Lokalnie tworzyły się niewielkie podwodne stożki klastyczne.

Eocen basenu magurskiego charakteryzował się znaczną zmiennością litofacjalną. Różnice te występujące (Oszczypko 1992) w poprzek basenu były podstawą do wydzielenia kilku stref facjalnych: krynickiej, bystrzyckiej, raczańskiej i Siar. W dolnym eocenie w części południowej rozpoczęła się sedymentacja gruboklastycznych turbidytów (formacja magurska) budująca rozległy system stożków podmorskich przesuwających się w czasie eocenu diachronicznie ku północy. Na północnym obrzeżeniu tego stożka osadzały się głównie piaskowce cienko- i średnioławicowe, w eocenie środkowym z turbidytami marglistymi (margle łąckie), a jeszcze dalej ku północy pstre łupki. Sedymentacja w basenie magurskim zakończyła się generalnie dopiero w oligocenie serią średnioławicowych piaskowców i łupków (formacja malcowska). W basenach bardziej zewnętrznych (dukielski, śląski, podśląski i skolski) w eocenie przeważały osady zielonych i szarych łupków przekładanych cienko- i średnioławicowymi piaskowcami (warstwy hieroglifowe) z wkładkami czerwonych łupków. Lokalnie rozwijały się niewielkie stożki podwodne. W czasie późnego eocenu osady łupkowo-piaskowcowe przeszły w margliste z licznymi globigerynami (margle globigerynowe).

Sekwencja oligoceńska zaczyna się w tych zewnętrznych basenach ciemnobrązowymi łupkami bitumicznymi i rogowcami (warstwy menilitowe), z lokalnie rozwiniętymi klastycznymi stożkami podwodnymi (są to przede wszystkim piaskowce z Mszanki i cergowskie w basenie dukielskim oraz piaskowce kliwskie w basenie skolskim). Brunatne łupki przechodzą ku górze profilu w kompleks mikowych piaskowców i szarych łupków marglistych (warstwy krośnieńskie) wykazujący cieniejącą sekwencję ku górze profilu. Niższa część jest głównie reprezentowana przez kompleks piaskowców gruboławicowych przechodzący ku górze w serię cienko- i średnioławicowych piaskowców i łupków, a następnie w serię łupków marglistych kończącą sedymentację fliszową w Karpatach zewnętrznych. Granice tych litofacji są diachroniczne i wyższa część warstw krośnieńskich w północnej części basenu śląskiego i w basenie skolskim sięga do dolnego miocenu.

Ruchy tektoniczne w czasie dolnego i środkowego miocenu doprowadziły do ostatecznego sfałdowania utworów fliszowych wypełniających poszczególne baseny i utworzenia szeregu płaszczowin ponasuwanych na siebie, a całość Karpat nasunięta została na platformę północno europejską i jej mioceńską pokrywę, na odległość co najmniej kilkudziesięciu kilometrów.

STRUKTURY SEDYMENTACYJNE: GENEZA I KLASYFIKACJA

WPROWADZENIE

Zbiór struktur sedymentacyjnych zawiera formy erozyjne, deformacyjne i akumulacyjne w ławicach osadów zawiesinowych. Naturalne struktury zestawiono z ich doświadczalnymi odpowiednikami, wykonanymi w zbiornikach wodnych, do których na osadzony ił wlewano zawiesinę gipsową jako prąd zawiesinowy. Procesy prowadzące do powstania struktur zazębiały się ze sobą i nakładały na siebie. Między śladami przedmiotów, a jamkami wirowymi są przejścia. Przedmioty, swoją chwilową obecnością na dnie i śladami, które na nim zostawiają, wywołują zawirowania, a te przy wzrastającej gęstości prądu powodują wzmożoną erozją i powstawanie jamek wirowych. /por. Fig. 70-78/.

Struktury deformacyjne w ławicach są na ogół z nimi równoczesne lub powstają bezpośrednio po ich osadzeniu. Częste są deformacje o wzorach konwekcyjnych powstających w ławicach o niestatecznym uwarstwieniu gęstościowym przez nałożenie cięższej warstwy na lżejszą. Układy takie określono umownie symbolem ba, w którym "b" odnosi się do górnej i cięższej warstwy, natomiast "a" do dolnej lżejszej. Nagromadzona

w układach energia potencjalna wykonuje pracę nad deformacjami. Stąd małe bodźce, często nierozpoznawalne z samych struktur, wywołują znaczne deformacje. W układach ba, w których człony "a" i "b" są statystycznie jednorodne i odkształcają się płynnie, wzór przestrzenny deformacji jest konwekcyjny. Widać to w rozcieńczonej zawiesinie ilastej, płynącej po granicy zasolonej i czystej wody. Zawiesina grzęźnie, co w połączeniu z ruchem postępowym daje początek spiralnym wirom w rurkowych strugach, w wyniku których zawiesina układa się w smugi równolegle do prądu. Gdy przepływ ustaje, zawiesina układa się we wzór wieloboczny, wywołany wirami komórkowymi o osiach prostopadłych do prądu.

Wzór przestrzenny deformacji w układach ba zależy : 1 - od stosunku lepkości kinematycznej "k" warstw "b" i "a" (k=f/d, f = współczynnik tarcia, d = gęstość) i 2 - od obecności lub braku poziomego ruchu między "a" i "b" (układy poziomo ruchome i nieruchome).

W nieruchomych układach sedymentacyjnych powstają zaczątkowe wiry komórkowe o osiach prostopadłych do prądu. Jeśli ka > kb to materiał górnej warstwy grzęźnie w podłoże, a rozszerzając się na boki przybiera zarysy pogrązów wielobocznych. Pogrązy takie występują na spągu piaskowców, ponieważ opadająca i nasycona wodą piaszczysta zawiesina ma mniejszą lepkość kinematyczną niż osiadły ił. Jeśli ka < kb to powstają kopułkowe wysady dolnej warstwy /por. Fig. 109/, które przy małej miąższości warstwy górnej, mogą ją przebić i utworzyć niej struktury wieloboczne. W napowietrznych warunkach peryglacjanych struktury takie są nazywane glebami poligonalnymi. Bodźcem tej deformacji jest odwilż. Analogiczne struktury występują w subtropikalnych, półsuchych klimatach, gdy na wyschnięty muł, deszczowe ulewy osadzą równomiernie warstwą żwiru. Czynnikiem zapoczątkowującym deformację jest tu namoknięcie mułu.

W podwodnych ruchomych układach ba, przy ka > kb powstają struktury łuskowe /por. Fig. 157, 158/, a przy przewadze ruchu poziomego, grzbiety podłużne /por. Fig. 135, 136/. W napowietrznych warunkach peryglacjalnych układach, w których ka < kb, powstają struktury girlandowe, a przy przewadze ruchu poziomego, gleby pasowe.

Struktury konwekcyjne mogą powstawać przy statecznym warstwowaniu gęstościowym, gdy górna lżejsza warstwa zostanie wciśnięta w dolną uderzeniem niesionego prądem przedmiotu, ciężarem nadkładu lub opadnie do poziomu równowagi hydrostatycznej. Konwekcyjne deformacje pojawiają się też w skałach magmowych.

ŚLADY PRZEDMIOTÓW

Przedmioty niesione prądem i uderzające o ilaste dno pozostawiają na nim ślady, których odciski na spągu piaskowców określamy śladami przedmiotów. We fliszu przedmioty takie pochodzą z brzegów i skłonów zbiorników fliszowych lub z ich dna. W ostatnim przypadku są to najczęściej leżące na dnie lub wypłukane z miękkiego iłu dennego twarde fragmenty wolnopływających organizmów /np. kości ryb/ lub napławione drewno. Przy postępującej erozji kawałki bardziej utwardzonego osadu spełniają rolę narzędzi żłobiących dno /por. Fig. 67/.

Ślady przedmiotów powstają w rozcieńczonym prądzie zawiesinowym przed zbiorowym opadaniem piasku /doświadczalne ślady powstawały w prądzie zawiesinowym, w którym stosunek gipsu do wody był 1 do 5/.

Ślady przedmiotów obejmują : zadziory uderzeniowe, poślizgi, ślady zgarniania mułu, toczenia, wleczenia itp./por. Fig. 1-17, 29-62/. Na spągu piaskowców ślady te występują pod postacią odlewów. Ich kształt zależy od formy przedmiotu, rodzaju transportu i sposobu w jaki dochodzi do styku z dnem. "Narzędzia" bywają zachowane w zakończeniu śladów /por. Fig. 19, 21, 22/. Najczęściej jednak ulegają one rozkruszeniu przez wielokrotne uderzanie o dno, lub uniesione ponad dno w gęstniejącej zawiesinie i są powstrzymane od powrotu przez opadający piasek.

ODLEWY ROWKÓW WLECZENIA I TOCZENIA

Odlewy rowków na spągu piaskowców powstają w wyniku wleczenia lub toczenia. Obecność przedmiotów lub fałdów czołowych w zakończeniu śladów, rysy na ich powierzchni i szerokość śladów pozwalają na rozróżnienie wleczenia od toczenia jak również na określenie kierunku /por. Fig. 1-8, 11, 12/.

ODLEWY JAMEK WIROWYCH

U czoła szerszych nierówności dna lub leżących na nim szerszych przedmiotów powstają półkoliste bruzdy erozyjne, których odlewy na spągu wskazują na kierunek prądu. Chwilowa obecność wydłużonych płaskich przedmiotów uderzających o dno ostrymi końcami, powoduje powstanie jamek wirowych po doprądowej stronie zadziorów. Po odprądowej stronie, linie prądowe rozwidlają się łagodnie i zbiegają ponownie po przeciwnej stronie. Tam dają początek zawirowaniom, które powodują erozją dna. Sprzyja temu wzrost gęstości płynącej i opadającej zawiesiny. W miarę dalszego wzrostu gęstości, ślad zadzioru ulega stopniowo zatarciu i pozostaje czysta forma erozyjna jamek wirowych /por. Fig. 70-78/.

ŚLADY PRZEBICIA

Z początkiem osadzania ławicy zawiesinowej, gdy pierwsza warstewka opadającego piasku jest jeszcze cienka, może następować przebicie jej przez niesione prądem większe przedmioty. Wówczas, na ilastym podłożu powstaną wtórne ślady uderzeniowe, które zacierają lub przekształcają wcześniejsze hieroglify prądowe. Przy gęstniejącym upakowaniu opadających ziaren i wyciskaniu wody, takim wtórnym zadziorom uderzeniowym towarzyszą szczelinki dylatacyjne /por. Fig. 118, 119/.

BRUZDY EROZYJNE WE FLISZU

W proksymalnych obszarach sedymentacji fliszowej pojawiają się na spągu piaskowców głębokie bruzdy erozyjne. W łupkach występują również wypełnione piaskowcem, odosobnione bruzdy /por. Fig. 201, 202/. Powstały one prawdopodobnie pod działaniem prądu, który swój przydenny ładunek osadził dalej, pozostawiając jednak jego część we wgłębieniach erozyjnych lub wyżłobionych przez wleczone po dnie kłody lub inne większe przedmioty.

POPRZECZNE ŻŁOBKI EROZYJNE

Odlewy poprzecznych do kierunku prądu żłobków erozyjnych przypominają odciski riplemarków, lecz ich odprądowe ścianki są bardziej strome od doprądowych. Poza tym mogą pojawiać się na poziomo laminowanym podłożu. Poprzeczne żłobki tworzą się w następstwie walcowych zawirowań o poziomych i prostopadłych do prądu osiach. Powstają często przed szerszymi przeszkodami na dnie i przechodzą w normalne jamki wirowe. Zawirowania takie mogą być również związane z deformacjami wywołanymi tarciem niesionego prądem piasku na mulistym dnie /por. Fig. 84, 85, 86/.

WPŁYW NIERÓWNOŚCI DNA NA WZÓR KONWEKCYJNYCH STRUKTUR PRĄDOWYCH

Struktury podłużne przechodzą w wieloboczne na doprądowej stronie poprzecznych do prądu zgarbień. Podobne zmiany występują w obszarze interferencji skośnych do siebie nurtów. Poligonalne struktury /powolny przepływ/ przechodzą w linijne w zwężeniach koryta /szybszy przepływ/. Linijne formy są zbieżne przy wpływie i rozbieżne przy wypływie ze zwężeń. Struktury linijne są też zbieżne dośrodkowo ku okrągławym wgłębieniom dna /por. Fig. 97, 98/.

NAPŁYW CIĘŻKIEJ ZAWIESINY NA WARSTWOWANE PODŁOŻE

Ciężki prąd zawiesinowy, napływający na poziomo uwarstwione podłoże, odkształca i rozrywa słabo skonsolidowane warstwy. Oderwane płaty lub okruchy takich warstw są bezładnie rozmieszczone lub skupione w stropowych częściach tężejącej ławicy zawiesinowej. Zależnie od stopnia stwardnienia, okruchy są graniaste, zaokrąglone lub pozwijane /por. Fig. 128, 129/.

POWSTAWANIE FAŁDÓW POD NAPOREM NAPŁYWU CIĘŻKIEJ ZAWIESINY

Uwarstwione osady, na które napływa ciężki prąd zawiesinowy, ulegają odkształceniom. Bardziej odporne warstwy mogą przytem ulegać spękaniom, a zawiesina wciska się wtedy w spękania i rozpływając się po fugach, podnosi i odrywa płaty warstw. Plastyczne warstwy są wyginane w garby i zwijane w fałdy o osiach prostopadłych lub równoległych do prądu. Zawiesina, która wciska się w spękania na grzbietach garbów prostopadłych do prądu, odgina ich odprądowe skrzydła i zwija je w płaskie leżące fałdy /por. Fig. 128-131/.

Na uwagę zasługują czółenkowe zafałdowania o osiach równoległych do prądu. Struktury te wykazują pewną analogię do podłużnych grzbietów prądowych i mogą również powstać w następstwie nacisku bocznego w zawiesinie płynącej w zwężających się korytach erozyjnych.

STRUKTURY PIERZASTE

Powstają w laminowanym ile, w którym grzęznące strugi zawiesiny płynąc po odpornych warstewkach wypuszczają liściaste odgałęzienia tworząc wachlarzowe struktury. Są one zwrócone wypukłościami w kierunku spływu. Ten kierunek jest na ogół zgodny z nurtem prądu. Jeśli płynąca zawiesina znajdzie się poza zasięgiem głównego nurtu, to może rozlewać się promienisto, a nawet wdzierać się w ił w kierunku przeciwnym do prądu. Hieroglify pierzaste, których nie należy mylić z pierzastym przełamem na ciosach, pojawiają się również na spągu źródłowych ławic żył piaskowcowych /por. Fig. 168-184/.

WARSTWOWANIE SKORUPOWE /KONWOLUTNE/ O KONWEKCYJNYM WZORZE PRZESTRZENNYM

Warstwowanie konwolutne albo "skorupowe" jest terminem zbiorczym obejmującym drobne zaburzenia fałdowe w obrębie jednej ławicy piaskowcowej. Zaburzenia rozwijają się ze smugowanej, spągowej części ławicy utworzonej w fazie miecenia i zanikają w jej stropie. Cechą znamienną konwolucji są pionowe, ostro zakończone wąskie siodła i łagodne łęki, wypukłościami zwrócone ku dołowi. Zaburzenia są następstwem niestatecznego uwarstwienia i przy spełnionych warunkach statystycznej jednorodności warstw mogą mieć konwekcyjny wzór przestrzenny odpowiadający deformacjom w ruchomych lub nieruchomych układach /ba/ przy ka > kb. Rzadkim przypadkiem są konwolucje typu "Besko", w których na równoległe do prądu podłużne grzbiety, nakładają się poprzeczne garby. W miejscach przecięcia tych struktur powstają pionowe stożkowe wypukłości z zachowaną ciągłością warstw /por. Fig. 121-125/. Morfologicznie podobne struktury uzyskano w doświadczeniach, w których na świeżo osadzoną białą zawiesinę gipsową napłynęła ciemniejsza zawiesina.

WARSTWOWANIE SKORUPOWE W STATYSTYCZNIE NIEJEDNORODNYCH UKŁADACH GĘSTOSCIOWO NIESTATECZNYCH

W osadach statystycznie niejednorodnych na wzór przestrzenny deformacji śródławicowych wpływa rozmieszczenie "niepenetratywnych struktur". Nazwą tą określamy struktury, które na skalę deformowanego osadu, są duże, nierównomiernie rozmieszczone i niejednakowe. Jeżeli w poziomo warstwowanych niestatecznych ławicach poszczególne warstewki mają zmienną miąższość, to zmiany te, na skalę małych deformacji śródławicowych, mogą być niepenetratywne czyli "nieprzenikające". Będą one miały wpływ na kształt, miejsce i przebieg odkształceń. Odosobnione zmarszczki pradowe w poziomo laminowanych ławicach, które nie wszedzie sa w nich obecne i których rozmiary sa duże w porównaniu z miąższością ławic, będą w odkształceniach śródwarstwowych strukturami niepenetratywnymi. Riplemarki takie, grzeznąc w laminowanym osadzie przeistaczaja się w płaskowklesłe ciała, miedzy którymi laminowany osad może być wciskany pod postacia wąskich i często grzybiastych siodeł. Podobne deformacje bywają także związane z gęsto upakowanymi i nakładającymi się na siebie zmarszczkami pradowymi, jeśli grzeźnieciu riplemarków towarzyszy wypietrzanie ich grzbietów w waskie ostro zakończone siodła. Sa one często odchylone w kierunku przepływu prądu. Takie deformacje również są określane mianem konwolucji /por. Fig. 121, 122, 123/.

Szczególnym przypadkiem skorupowego uwarstwienia są bezładnie powyginane laminy w stropie gruboziarnistych piaskowców. Laminy te są poprzerywane injekcjami gruboziarnistego piasku. W doświadczeniach takie zaburzenia powstawały przy napływie gęstego prądu zawiesinowego na miękkie laminowane podłoże. Uniesiony przed czołem prądu materiał opadał selektywnie na nieustabilizowany jeszcze strop gęstej zawiesiny dając początek bezładnej laminacji. Sam przepływ prądu zawiesinowego powoduje deformacje we wcześniej osadzonej przyspągowej i poziomo smugowanej ławicy, które bywają utożsamiane z konwolucjami.

GRANICE INTERWAŁU UWARSTWIENIA SKORUPOWEGO

Interwał uwarstwienia skorupowego, w ścisłym słowa tego znaczeniu rozwija się często z przyspągowej, poziomo smugowanej części ławicy zawiesinowej utworzonej przez szybki przepływ prądu w fazie miecenia. W miarę zwalniania przepływu i selektywnego opadania drobniejszego piasku powstaje poziomo laminowany interwał, który w następstwie niestatecznego uwarstwienia gęstościowego ulega zaburzeniom skorupowym. Zaburzenia zanikają stopniowo w stropowej części ławicy, w skład której wchodzi najdrobniejsza frakcja prądu zawiesinowego. Śródławicowe deformacje skorupowe ulegają usztywnieniu spowodowanym utratą przychwyconej wody. W takich warunkach mogą one ulec zrównaniu jeszcze przed zakończeniem epizodu sedymentacyjnego, który dał początek ławicy piaskowcowej. W dwuczłonowych "ławicach złożonych" osadzonych przez dwa niezależne od siebie prądy zawiesinowe, granica między dolnym a górnym członem jest erozyjna i nierówna. Jest to szczególnie wyraźne, gdy erozja późniejszego prądu dojdzie do interwału skorupowego wcześniejszej ławicy. Płaskie powierzchnie ścinające zaburzenia skorupowe, które są przykryte niezgodnie drobnoziarnistym poziomo laminowanym osadem, mogą także powstawać bez udziału erozji prądowej. W doświadczeniach, takie powierzchnie uzyskano w szklanych pojemnikach ze stojącą wodą, w których osadzono poziomo laminowany osad złożony kolejno z wielobarwnych warstewek ilasto-piaszczystych o różnej gęstości. Tak utworzony niestateczny układ, pod własnym ciężarem lub pod wpływem wstrząsów, ulegał śródwarstwowym zafałdowaniom. Jak długo warstewki odkształcały się w osadzie, zachowywały one swoją ciągłość. Dochodząc do kontaktu ze stojącą wodą warstewki ulegały rozproszeniu. Ich materiał tworzył "obłoki" zawiesiny rozchodzące się po płaskiej powierzchni ścinającej zaburzony osad. Opadająca selektywnie zawiesina osadzała poziomo laminowany osad leżący niezgodnie na pofałdowanym podłożu.

NIESTATECZNE UKŁADY O ODWRÓCONYM UWARSTWIENIU GĘSTOŚCIOWYM

Płynne i plastyczne układy o niestatecznym uwarstwieniu gęstościowym określamy symbolem /ba/. "b" odnosi się do górnej cięższej warstwy, "a" do dolnej lżejszej. Energia potencjalna tych układów zmienia się w pracę nad zaburzeniami powierzchni międzywarstwowej, a ich wzór przestrzenny, przy statystycznej jednorodności warstw, odpowiada wzorom ruchów konwekcyjnych. W sedymentacyjnych układach /ba/ zaburzenia są syn-, lub post-depozycyjne. Ich wzór zależy od : 1 - lepkości kinematycznej "k" warstw (k=f/d, f=współczynnik tarcia wewnętrznego, d=gęstość), 2 - obecności lub nieobecności ruchu poziomego między warstwami (układy ruchome i nieruchome), 3 - sposobu w jakim zaburzenie obejmuje powierzchnię międzywarstwową. W układach nieruchomych, w których zaburzenie następuje równocześnie na całej powierzchni, ruch ma formę zawirowań komórkowych o osiach pionowych. W układach ruchomych, zależnie od prędkości ruchu, osie są skośne lub poziome. Ruchy konwekcyjne zachodzą też w układach statecznych, w których górna i lżejsza warstwa zostanie obciążona lub grzęźnie w podłoże do poziomu równowagi hydrostatycznej.

STRUKTURY W SEDYMENTACYJNYCH UKŁADACH /BA/

W nieruchomych układach /ba/ powstają kopulaste lub polihedralne pogrązy. We fliszu są one wypukłością zwrócone ku dołowi, bo lepkość kinematyczna nasyconego wodą piasku jest mniejsza niż osiadłego iłu. W ruchomych układach, w których wektor poziomy jest tego rzędu co pionowy, struktury spągowe są łuskami rozwiniętymi z pogrązów poligonalnych. Wyciśnięty na stykach trzech poligonów ił, wchodzi w strefę szybkiego przepływu i pociągając za sobą boki poligonów przeistacza je w łuski ułożone rzędowo lub naprzemianlegle. W ruchomych układach, w których przeważa wektor poziomy, ruch jest spiralny i na spągu powstają grzbiety podłużne /por. Fig. 144 - 149/.

W dwuwarstwowym nieruchomym układzie /ba/, w którym zaburzenie równowagi międzywarstwowej rozprzestrzenia się poziomo z postępującym frontem upłynnienia, konwekcyjne deformacje mają postać półcylindrycznych wałeczków równoległych do frontu upłynnienia. Za konwekcyjnym pochodzeniem tych struktur przemawia ich ścisła współzależność z konwekcyjnymi poligonami na spągu doświadczalnych zawiesinowców. /por. Fig. 140, 141/.

ŻYŁY PIASKOWCOWE WE FLISZU

Nasycone wodą nieskonsolidowane ławice piaskowcowe we fliszu mogą ulegać upłynnieniu pod wpływem wstrząsów sejsmicznych. Upłynniony piasek wciska się w nadległe i niżej leżące warstwy dając początek piaskowcowym żyłom. W ławicach macierzystych żył, w następstwie upłynnienia, zanikają pierwotne struktury sedymentacyjne. Pod wpływem postępującej kompakcji łupków, pionowe żyły ulegają zafałdowaniu /por. Fig. 203/.

ODKSZTAŁCENIA KONWEKCYJNE W NAPOWIETRZNYCH OSADACH I W SKAŁACH MAGMOWYCH

W peryglacjalnych środowiskach, konwekcyjne deformacje powstają w układach / ba/ utworzonych przez: 1 - nałożenie grubego materiału na drobniejszy, w następstwie mrozowego wymarzania, 2 - osadzenie grubego materiału na zamarznietym drobniejszym podłożu. Deformacje zaczynaja się z nastaniem odwilży. W nieruchomych układach /ba/, w których deformacje obejmują jednocześnie całą powierzchnię międzywarstwową, na stropie dolnej warstwy pojawią sie kopulaste wysady bedace zwierciadlanym odbiciem pograzów na spagu piaskowców. Jeśli górna warstwa ma mała miaższość to wysady ja przebiją i rozsuwając na boki gruby materiał, dadzą początek glebom wielobocznym na jej stropie. Podobne struktury powstaja w półsuchych, ciepłych, monsunowych środowiskach, w których wezbrane potoki osadzaja cienką warstwe żwiru na suchą powierzchnie mułu. Deformacja rozpoczyna się z namoknięciem mułu. Zwisające struktury kroplowe powstają w miejscach najwiekszego nagromadzenia cieższego materiału. W ruchomych układach /ba/, grzeźnieciu towarzyszy przesuwanie górnej warstwy. Powstana wtedy na jej stropie kamienne girlandy i gleby pasowe. W warunkach napowietrznych lepkość kinematyczna dolnej warstwy /ba/ jest na ogół mniejsza niż warstwy górnej, stad zwrot wypukłych boków girlandów jest zgodny z kierunkiem spływu. Deformacje konwekcyjne moga występować również w skałach magmowych.

INTRODUCTION TO GEOLOGY OF THE POLISH FLYSCH CARPATHIANS

The Outer Carpathians are a part of Alpine Belt. They are built of several tectonic units: Magura Unit, Dukla-Submagura Unit, Silesian Unit, Sub-Silesian Unit and Skole Unit (Ksiażkiewicz 1977). They are overthrusted one on the other and built of deep water sediments represented time span between the Late Jurassic and the Miocene (Bieda et al. 1963). These tectonic units during the overthrusting became uprooted and only a central parts of the sedimentary basins were preserved. The Outer Carpathians area consisted of four main longitudinal basins : Magura, Dukla-Submagura, Silesian and Skole, divided by ridges and swells : the main were Silesian Ridge (cordillera) and Subsilesian swell (Książkiewicz 1962). In the basins enormous, continue, sequences of flysch were mainly deposited by turbidity currents. The thickness of which locally exceeds six kilometres. The source areas were situated as well on the outer and inner margin as on the intrabasinal ridges. Within this sequence three main stages of development exist, connected with the global changes. An early stage from Jurassic to Albian characterised by occurrence of black shales, the second stage (Cenomanian-Eocene) characterised by occurrence of red and variegated shales and the final stage (Oligocene-Early Miocene) when brown bituminous shales appeared and variegated shales disappeared. The sedimentary sequences display lateral variations in the thickness, reflecting changes in both subsidence and sedimentation rates.

The geological history of the Outer Carpathians basins commenced during the Jurassic. when the southern part of the North European Platform started to be rifted and small basins, earlier protoMagura basin and later protoSilesian Basin with black, mainly redeposited marls (?Kimeridgian-Tithonian) have been created. These black sediments mark the beginning of an euxinic cycle that lasted until Albian. The rapid supply of shallow water clastic material to the basin could be an effect of the strong tectonoeustatic sea-level fluctuations known from that time. The marls pass gradually upwards into calcareous turbidites (Cieszyn limestones) which created several submarine fans. Occurrence of deep-water microfauna indicates that subsidence of the basin must have been quite rapid. During the early part of the Cretaceous the calcareous turbidites gave way to black calcareous shales and thin sandstones passing upwards into black often siliceous shales. This type of sediments is already known also from the other Outer Carpathians basins. During the Hauterivian, Barremian and Aptian several coarse-grained submarine fans developed. That was connected probably with the Early Cretaceous uplift known from the Bohemian Massif. The rifting of the North European Platform lasted also during the early part of the Lower Cretaceous and with this period the extrusions of teschenites type of magma were connected.

In the early Albian within the black shales, widespread turbiditic sedimentation started to develop. During the Cenomanian a period of slow and uniform sedimentation embraced a greater part of the Outer Carpathians basin and green and red shales began to develop. The next period of intensive turbiditic sedimentation were generally connected with Lamarian tectonic movements, that caused uplift of the source areas and intensification of erosion and redeposition. Each basin had the specific type of clastic deposits, and sedimentation commenced in different time. In the Magura and Dukla basins it commenced during the Campanian and lasted till Paleocene, and there prevailed medium and thinbedded, medium grained turbidites (Ropianka - Inoceramian Beds s.l.). In Silesian basin sedimentation started during the Late Turonian-Early Conacian and lasted up to the Early Eocene and were mainly represented by thick bedded, coarse grained turbidites and fluxoturbidites (Godula Beds, Istebna Beds and Cieżkowice Sdst.). In the Skole basin sedimentation also started during the Turonian but expired in the Paleocene and deposits were represented by calcareous turbidites (Siliceous Marls) and thin to thick bedded turbidites (Inoceramus - Ropianka Beds). The Subsilesian sedimentary area, which divided the Silesian and Skole basins, became uplifted and on the Subsilesian swell a sequence of red, green (Weglówka Marls) of Senonian to Eocene and grey marls (Senonian Frydek Marls) deposited. Small turbiditic fans develop locally in the small sub-basins.

During the Eocene, in the southern part of the Outer Carpathians realm, in the Magura basin varied lithofacies developed (Oszczypko 1992). The lateral differences of the lithofacies across the basin allowed to divide the Magura basin on several sub-basins: The Krynica, Bystrica, Raca and Siary Sub-basins. During the Early Eocene commenced the sedimentation of thick bedded, coarse grained turbidites (Magura Fm.) in form of several submarine fans within the southern part of the Magura basin. In more distal parts medium-and thin bedded sandstones and shales developed passing further towards the north into variegated shales. These lithofacies migrated in time across the Magura basin towards the north. Sedimentation within the Magura basin terminated generally by medium- and thin bedded sandstones (Malcov Fm.) during the Oligocene.

In more external basins (Dukla, Silesian, Subsilesian, Skole) green and grey shales with thin and medium bedded sandstones with intercalcations of red shales prevailed. Small turbiditic fans developed only locally. This type of sedimentation gave way during the Late Eocene to green shales and yellowish Globigerina marls.

The Oligocene sequences commenced in these basins with dark brown bituminous shales and cherts (Menilite Beds) with locally developed sandstone submarine fans (main were Mszanka and Cergowa sandstones and Kliwa sandstones). The Menilite shales pass gradually upwards into sequence of micaceous, calcareous sandstones and grey marls (Krosno beds). They display overall thinning up sequence. The lower part of sequence is generally represented by complex of thick bedded sandstones that pass upwards into series of medium to thin bedded sandstones and grey marls. Grey marls represent the upper part of the Krosno beds. These lithofacies are diachronous across the basins. The Krosno beds which lasted to the Early Miocene terminated the flysch sequence of the Outer Carpathians.

Tectonic movements during the Miocene caused final folding of the basins infillings and created several imbricated nappes which generally reflect the original basin configurations. These nappes are themselves in turn overthrusted into northerly direction onto the North European platform with Miocene cover on the distance of at least tens of kilometers.

Presented in this volume sedimentary structures were sampled mainly from the flysch deposits of the Outer Carpathians, generally from the Oligocenian Krosno sandstones (comp. Dżułyński 1996). Unfortunately, unexpected death of Stan Dżułyński did not allow him to prepare the final version of the Atlas and it is based on his draft.

The all sedimentary structures presented in this Atlas are in the Geological Museum, Institute of Geological Sciences Jagiellonian University, 2a Oleandry str., Kraków, Poland.

Financial support was provided by State Committee for Scientific Research, grant 6 PO4D 013 17.

SEDIMENTARY STRUCTURES: GENESIS AND CLASSIFICATION

INTRODUCTION

Exhibited sedimentary structures are chiefly from flysch turbidities, though they are not limited to any specific facies. Natural structures are confronted with their experimental replicas, made in water tanks with settled clay, into which plaster-in-paris suspensions were intruced, to simulate turbidity currents. There are transitions between erosion, deformation and deposition structures which point to overlapping formative processes. Pre-existant bottom irregularities or tool marks, control localization of scouring. Slight increase in density of flowing suspensions promotes the development o flute marks /comp. Fig. 70-78/.

Reversed density gradient, i.e., the superposition of heavier layer upon the lighter one gives rise to many deformation structures. Such superposition is indicated by the symbol ba, where "b" refers to upper, heavier layer and "a" to lower and lighter one. The work on deformation is done by potential energy stored in such arrangement. Insignificant impulses releasing this energy may give rise to spectacular deformations. In ba systems with statistically homogenous layers showing plastic or fluid properties, reversed density gradient generates isothermal convection movements as shown by flume experiments on behavior of dilute clay suspension flowing along interface between saline and fresh water. Being heavier than saline water, the suspension sinks in it, giving rise to spiral cross-currents in longitudinal double rolls, whereby the suspended clay is arranged in flowparallel stringers. When forward flow ceases, the clay is rearranged into polygonal pattern.

In sedimentary ba system, convective deformations depend on: 1 - ratio of kinematic viscosities ka/kb (k = f/d, f - coefficient of internal friction, d - density) and, 2 - presence or absence of horizontal shear between "a" and "b". In absence of horizontal shear (non mobile ba systems), the reversed density gradient gives rise to cell-vortices with vertical axes. If ka > kb, the motion is downwards in central parts of convective cells and upwards along their peripheries. The resulting structures are pending lobes, separated by narrow polygonal ridges of "a". This in the case of load casts on soles of sandstones, because sinking water-saturated sand, has lesser kinematic viscosity than settled clay.

If ka < kb, the ascending motion is at centers of cell and resulting structures are rising conical knobs /comp. Fig. 109/.

If top layers of ba systems are thin, the knobs break through them and produced polygonal structures on their tops. In periglacial environments such structures are known as sorted polygons. Their formation does not require direct inference of frost. Identical polygons develop in subtropical, semi-arid regions when rain waters, deposit a layer of gravel on dry mud. Deformation starts when the mud is softened by infiltrating water.

With light forward motion of upper layers polygonal cells are transformed into scales /comp. Fig. 157, 158/ or garlands. With dominating forward flow, the cell-vortices are replaced by spiral vortices with flow-parallel axes. Under subaqueous conditions, the resulting structures are longitudinal ridges /comp. Fig. 135,136/. Under subaeria periglacial conditions, analogous features are referred to as sorted stripes.

Incipient convective deformations may also occur in stable systems if the upper lighter member is pressed down by overload or tools striking the bottom. Similar deformations may occur stable systems if the upper and lighter layer sinks to the level of hydrostatic equilibrum. Convective deformations occur also in magmatic rocks.

Despite wide aspects of morphologies and settings exhibited by structures showing convective pattern, such structures may be attributed to analogous or the same formative processes.

TOOL MARKS

Tools transported by currents and striking the bottom produce markings whose moulds on undersurfaces of sandstones are known as tool marks. The tools are derived from outside or from within the flysch basins. In the latter case they include objects which rest on the floor or are washed out from soft bottom clays /e.g. fish bones/. With progressing erosion the lithified or semilithified bottom sediments are ripped up and act as tools / comp. Fig. 67.

Tool marks are produced by diluted currents, prior to collective deposition of sand. Experimental tool marks where made by plaster-of-paris /p.o.p/ turbidity current /t-currents/ in which the ratio of water to p.o.p was 5 to 1.

Objects moved by the current along the bottom produce various "tool marks" depending on the shape of tools, modes of transportation and contacts with the floor. One can differentiate roll and saltation marks, drag marks, prod and skip marks etc. /comp. Fig. 1-17, 29-62/. The tools may be preserved at the downcurrent ends of marks /comp. Fig. 19, 21, 22/. In most instances, however, they are obliterated by repeated impacts with the bottom or lifted above it and prevented from falling down by increasing density of the settling turbidity current.

GROOVE MOULDS PRODUCED BY ROLLING AND DRAGGING

The groove moulds on undersurfaces of sandstones result from rolling and dragging of hard objects or clumps of semi-consolidated sediments. The tools preserved at the downcurrent ends of grooves as well as scratches on their surfaces or brush-, and chevron-like terminations provide information with respect to the direction and manner of transportation /comp. Fig. 1-8, 11, 12/.

FLUTE MOULDS

Current crescents are produced in front of boarder bottom obstacles. The presence or temporary presence of elongated sharp-pointed tabular tools, striking the bottom in upright position, promotes the formation of flute markings. The streamlines along such tools are split gently at their up-current ends and reattach behind them, producing eddies scouring the bottom. The scour is facilitated by increased density of the current, whereby the incipient prod marks are progressively blurred and obliterated. There are gradations between tool marks modified by scour and flute marks bearing no record of tool impingement /comp. Fig. 70-78/.

BREAK-THROUGH TOOL MARKS

With onset of collective deposition when basal layer of turbidities is thin, the prodding tools may break through it. They may gouge new sole markings in underlying mud and deform or obliterate the earlier ones. With close packing of grains and deficiency of intergranular water, the new sole markings are associated with dilatation fissures /comp. Fig. 118, 119/.

EROSION FURROWS IN FLYSCH

Bottom surfaces of flysch turbidities in proximal areas show deeply incised erosion furrows whose depth may exceed the thickness of their host beds. Isolated sand-filled grooves enclosed in shales or "gutter" structures might have resulted from currents sweeping the bottom and depositing their load only in furrows which acted as sediment traps and were scoured or gouged by transported tools /comp. Fig. 201, 202/.

TRANSVERSE SCOUR MARKS

Transverse moulds of scours resemble casts of ripples. They have asymmetric profiles with steep upcurrent sides and pass into normal flute moulds. The structures in question are produced by the action of vortices having horizontal axes of rotation, oriented at right angle to current direction. Such eddies or flow-rolls arise in front of boarder bottom obstacles and may develop upon horizontally laminated substratum. The eddies in question are occasionally associated with shearing action inflicted by sand carried over the muddy bottom /comp. Fig. 84, 85, 86/.

BOTTOM IRREGULARITIES AND PATTERN OF CONVECTIVE STRUCTURES

L-ridges on the upcurrent side of transverse bottom undulations pass into polygonal or rounded ridges on their downcurrent side. Similar changes occur in areas of interference of deflected and undeflected flow. Polygonal structures pass into I-ridges when the suspension enters narrow passages. The ridges converge downcurrent at the inlets of passages and turn aside at their outlet. They also exhibit radial convergence toward circular bottom depressions /comp. Fig.97, 98/.

IMPACT OF HEAVY SUSPENSION UPON STRATIFIED SUBSTRATUM

Dense and heavy turbidity currents flowing upon flat stratified bottom deform and break the semi-consolidated layers. Detached fragments of such layers are incorporated in the flowing suspension. They become scattered chaotically within the turbidite, concentrated close to its top or at specific levels. Depending on the degree of consolidation, such endoclasts assumes angular crumpled or folded shapes /comp. Fig. 128, 129/.

IMPACT GENERATED FOLD-LIKE DEFORMATIONS

Heavy suspensions settling upon soft stratified substratum may produce fold-like deformations whereby more resistant layers are subject to fracturing. The inflowing slurry is pressed into such fractures and spreading along bedding interfaces, rises and breaks the layers of the substratum. Flexible layers are deformed into undulations whose axes trend at right angle or parallel to current flow. Flat-lying "prolapse folds" with axes at right angle to the current flow /comp. Fig. 128-131/ originate when layered bottom sediments are warped into transverse undulations whose crests break up, producing transverse fissures. Such fissures are filled with downsinking suspensions which penetrating between the layers cause the margins of cleaved layers to bend upwards. Those facing upcurrent are peeled off giving rise to flat-lying overfolds. Of interest are longitudinal folds whose axes trend parallel to the direction of flow. Such folds show certain analogy to longitudinal current ridges and may also originate when the layers involved are subject to lateral pressure. This happens when the moving and settling suspension is confined to erosional channels.

FEATHER MARKS /FRONDESCENT MARKS/

These structures develop when current driven suspension sinks into laminated mud and, on reaching resistant laminae, flows horizontally in the form of longitudinal stringers. Unconfined laterally, the stringers foliate and crenulate at their margins producing fan-like structures facing with their convexities downcurrent. Opposite orientations also occur. If the suspension sinks from point sources, without interference of t-current, the resulting marks spread out radially. Feather marks occur sporadically as post-depositional structures on undersurfaces of source beds of sandstone veins. They should not be confused with plumose fractures on joint surfaces of rocks /comp. Fig. 168-184/.

CONVOLUTE LAMINATION FOLLOWING CONVECTIVE PATTERN

Convolute lamination is a basket term applied to small more or less continuous vertical intrastratal folds that die out upward within single sedimentary beds. Convolutions are characterized by narrow sharp-crested anticlines separated by rounded synclines /cusp and point-up structures/. The prerequisite for the formation of convolutions is sedimentary lamination and hydroplastic behaviour of layers. Convolutions in dichotomous, non mobile or mobile /ba/ systems with statistically homogeneous layers may follow convective patterns. To rare category of convolute-like contortions belong "Besko type" deformations in which the laminae involved are warped into regularly spaced longitudinal and transverse undulations. From intersections of these undulations vertical conical knobs arise. Such deformations develop from basal part of beds deposited by first smooth phase of flow and characterized by crude horizontal strips /comp. Fig. 121-125/. In experiments similar deformations were produced on interfaces separating two plaster of paris /white and dark/ turbidites, deposited shortly one upon another.

NONCONVECTIVE CONVOLUTE AND CRINKLED DEFORMATIONS IN STRUCTURALLY HETEROGENEOUS LAYERS

Three-dimensional pattern of deformations resulting from instability in density stratification of structurally heterogeneous beds depends on the distribution of nonpenetrative structures. The term "non-penetrative" applies to inhomogeneities that are not statistically present in every sample of the fabric and are relatively large on the scale of the bed. Irregularities in thickness of intrastratal laminae which in any one portion of the bed are not the same as in other portions, are non-penetrative structure and control the pattern of deformation. Also the presence of large isolated ripples in horizontally laminated sediments influence the pattern of deformations. Such ripples are non-penetrative features and their down-sinking transforms them into plano-concave bodies. The underlying laminated sediment is squeezed upwards between the sinking ripples into narrow, commonly mushroom-shaped, anticlines. The convolute deformations originate also in densely packed ripple crests. If acted upon by current drag, the crests are stretched in the direction of flow /comp. Fig. 121, 122, 123/. Attention is called to chaotic crinkling of fine-grained laminae on tops of coarse turbidities. The crinkled laminae are locally perforated by injection of coarse sand from below. In experiments such structures was produced by inflow of dense and coarse turbidity current on laminated fine-grained substratum. The material of the substratum, risen by the front of advancing current, settled selectively on top of not yet entirely immobilized coarse suspension, producing crinkled lamination. Contortions approaching convolute bedding may also develop from crude current lineation at the base of turbidites acted upon by current drag /second smooth phase of transportation.

BOUNDARIES OF CONVOLUTE LAMINATION

Intervals of convolute lamination in turbidites develop from horizontally stripped lowermost part of sandstone beds, deposited by rapid second phase of t-current flow. With decelerating current velocity, the settling suspension is arranged in horizontal lamination which may be subject to deformations motivated by instability in density stratification. Such deformations fade upwards and are covered with finest fraction of declining turbidity current. With expulsion of water which follows the deformation, the folded laminae become stiffer and are not anymore liable to further changes in form. The stiffening may occur before the end of deposition of sandy bed-load. In such situation the deformations may be truncated by planar surfaces produced before the sandstone bed as whole has been deposited.

In amalgamated sandstone beds composed of two members produced by two separate turbidity currents the interfaces between the members are uneven erosion surfaces. Such surfaces may constitute the upper boundary of convolutions if the erosion by subsequent current reaches the convolute interval of the preceding turbidite.

Planar surfaces truncating the deformed laminae may originate in the absence of current erosion. In experiments such surfaces can be obtained in water tanks with layered sequence produced by alternate deposition of multicolored clayey silts deferring in density and settling at short time intervals to ensure loose pacing and high water content. The deformations may start spontaneously with deposition of critical layer or may be triggered off by a shock. As long the laminae deform within the sequence they retain their identity but disperse on reaching the sediment-water interface. The dispersed material settles as thin planar laminae on flat sediment-water interface truncating unconformably the folded substrate.

UNSTABLE SYSTEMS WITH REVERSE DENSITY GRADIENT

Dichotomous fluid or plastic systems with reverse density gradient, resulting from superposition of heavier layer "b" upon the lighter "a", are designated by as /ba/ systems. Potential energy stored in such systems gives rise to motions along the interface between the layers. With statistically homogeneous layers the pattern of motion is convective and depends on: 1 - kinematic viscosity (k=f/d, f-coefficient of friction, d-density), 2 - absence or presence of horizontal motion between the layers /horizontally non-mobile and mobile systems/, 3 - the manner in which the disturbance proceeds along the interface. In non-mobile systems the motion is that of vertical cell-vortices. Mobile systems have oblique or horizontal spiral vortices. Convective patterns of motions originate also in stable systems, in which the upper lighter layer sinks to the level of hydrostatic equilibrium or is pressed down by an overburden.

STRUCTURES IN SEDIMENTARY BA SYSTEMS

In non-mobile /ba/ systems, interfacial deformations take the shape of ascending or descending lobes. In flysch the lobes are pending load-casts because the settling water saturated sand has lower kinematic viscosity than the settled mud. In mobile systems in which horizontal and vertical vectors are approximately the same resulting structures are scales arranged in rows and in "en echelon" pattern. They face with their convexities upcurrent because the mud wisps, extending from triple points to zones of higher current velocity, are dragged forward and draw with them transverse sides of polyhedrons. In mobile systems with higher flow velocity the suspension is organized in flow-parallel rolls with opposite sense of rotation. On bottom surfaces of sandstones the resulting structures are moulds of longitudinal ridges /comp. Fig. 144 - 149/

In non-mobile systems, liquefaction of lower member may proceed horizontally. The resulting structures are semi-circular bodies trending parallel to spreading liquefaction front. Convective origin of such structures is indicated by their close relationship to convective polygons in experimental /ba/ systems.

On undersurfaces of experimental turbidites, shock-induced simultaneous liquefaction results in polygonal structures. With cessation of polygon-making processes, the liquefaction may proceed horizontally breaking intermittently the undersurface of turbidite into stripe-like structures trending parallel to the moving liquefaction front /comp. Fig. 140, 141/.

SANDSTONE VEINS IN FLYSCH

Unconsolidated and water-saturated flysch sandstones are subject to liquefaction and intrude upward and downward in the form of sandstone veins. The liquefaction is motivated by submarine earthquakes. The source beds of sandstone veins are devoid of primary sedimentary structures. Vertical veins become folded due to progressing compaction of shales /comp. Fig. 203/.

CONVECTIVE DEFORMATIONS IN SUBAERIAL AND IGNEOUS ENVIRONMENTS

Under periglacial conditions convective deformations are generated in /ba/ systems produced by: 1 - deposition of coarse debris upon frozen substratum and, 2 - accumulation of rock debris upon finer substratum by frost heave. The deformations begin with the onset of thaw.

In non-mobile /ba/ systems the interface between "a" and "b" is transformed into a knobby surface representing a mirror image of load casts on undersurfaces of sandstone. Growing knobs may break through the thin layer "b" and produce sorted polygons on its top. The polygon-forming processes originate also under warm semi-arid conditions with seasonal rainfalls when swollen rivers deposit a thin uniform layer of gravel upon dry mud. The deformation starts when the mud becomes softened by infiltrating water. Pendant drop structures originate in places of maximum concentrations of heavier materials.

With a slight horizontal motion of "b", the top of unstable systems shows stone garlands. Their pattern is similar to that of scales but because of lower kinematic viscosity of "a", the convex sides of garlands face down-slope. With dominant horizontal movement of "b", the top of /ba/ systems shows sorted stripes. Convective deformations also occur in igneous rocks.

Literatura. References.

Bieda, F., Geroch, S., Koszarski, L., Książkiewicz, M., & Żytko, K., 1963. Stratigraphie des Karpates Externes Polonaises. Inst. Geol. Biol. 181: 5-174.

Dżułyński, S. 1996. Erosional and deformational structures in single sedimentary beds: a genetic commentary (Rozważania nad pochodzeniem struktur erozyjnych i deformacyjnych w ławicach osadowych. (Streszcz.). Ann. Soc. Geol. Pol. 66: 101-190.

Książkiewicz, M. 1977. The tectonics of the Carpathians. In: Geology of Poland, vol. IV, Tectonics: 476-620. Wyd. Geologiczne Warszawa

Książkiewicz, M. (red.) 1962. Atlas Geologiczny Polski. Zagadnienia stratygraficznofacjalne. Zesz. 13. Kreda i starszy trzeciorzęd w polskich Karpatach zewnętrznych. Geological Atlas of Poland. Stratygraphic and Facial Problems. Fasc. 13. Cretaceous and Early Tertiary in the Polish External Carpathians. Instytut Geologiczny, Warszawa

Oszczypko, N. 1992. Late Cretaceous through Paleogene evolution of Magura Basin. Geol. Carpth., 43 (6), s.333-338.



Fig. 1. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 1 Podwójny ślad toczenia kręgów rybich. Spąg piaskowca krośnieńskiego. Double and partly overlapping trail of saltation fish vertebrae. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 2. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 17 Ślady obracanego kręgu, którego oś zmieniała położenie w czasie ruchu.

Moulds of saltation markings produced by fish centrum whose axis rotated oblique to the plane of current motion. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Ślady toczenia kręgów rybich z odciskami miseczek stawowych. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Moulds of saltation marks produced by fish vertebrae. Base of experimental turbidite. Fig. 3. nr inw. CD 4a



Ślady toczenia kręgów rybich z odciskami miseczek stawowych. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Moulds of saltation marks produced by fish vertebrae. Base of experimental turbidite. Fig. 4. nr inw. CD 4b



Fig. 5. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 5

Zadziory uderzeniowe i ślady toczenia kręgów rybich. Prod and saltation marks produced by fish vertebrae. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 6. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 9

Ślady toczenia kręgów rybich z odciskami wyrostków kręgowych. Moulds of roll markings of fish vertebrae with imprints of vertebra off-shoots. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Ślady toczenia kręgów rybich z odciskami wyrostków kręgowych. Moulds of roll markings of fish vertebrae with imprints of vertebra off-shoots. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska

Fig. 7. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 8



Ślad toczenia i wleczenia kręgu. Saltation and drag mark produced by fish vertebra Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 8. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 11



Fig. 9. nr inw. CD 10

Hieroglify strzałkowe i ślady kręgów, które w chwili uderzenia o dno były pochylone w kierunku prądu. Łuk brzegu zadzioru uderzeniowego jest skierowany zgodnie z kierunkiem płynięcia. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego.

Chevron marks and moulds of markings produced by fish vertebrae prodding the bottom by one edge of articular surfaces. Base of experimental turbidite.



Fig. 9. /fragment/



Hieroglify strzałkowe utworzone przez poślizg kręgu rybiego. Odlewy na spągu doświadczalnego osadu zawiesinowego. Moulds of chevron marks produced by fish vertebra skimming over bottom mud. Base of experimental turbidite. Fig. 10. nr inw. CD 12



Ślady toczenia i niepełne odciski miseczek stawowych kręgu, którego oś podlegała oscylacjom w trakcie ruchu. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego.

Fig. 11. nr inw. CD 14a

Saltation and roll markings produced by fish vertebra whose axis rotated slightly oblique to the plane of current movement. Base of experimental turbidite.



Fig. 12. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 214

Powierzchnia spągowa piaskowca z odciskami unoszonych prądem i uderzających o dno przedmiotów. Widoczne są : zadziory uderzeniowe, ślady zgarniania z odlewami zgarniętego mułu u czoła hieroglifu, ślady poślizgów /których symetryczny przekrój wskazuje na ogólny kierunek prądu/, ślad toczenia i przeskoków kręgu rybiego, podwójny ślad wleczenia i hieroglif pierzasty.

Counterpart of various tool marks : prod marks, brush marks with moulds of mud heaps at downcurrent ends of markings, bounce marks whose longitudinal profile is symmetric, saltation marks of fish vertebra striking alternately the bottom with anterior and posterior edges of articulate surfaces, double groove cast and feather markings. Krosno beds. Oligocene. Wetlina.



Fig. 12. /fragment/



Powierzchnia spągowa piaskowca z odciskami niesionych prądem i uderzających o dno ości rybich. Counterpart of bottom surface with markings produced by fish bones. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 13. nr inw. CD 209



Ślady toczenia dużych kręgów rybich na spągu piaskowca. Saltation markings produced by large fish vertebra Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 14. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 210



Fig. 15. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 220 b Ślady przedmiotu na spągu piaskowca. Counterpart of bottom showing various tool markings. Menilite beds. Upper Eocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 16. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 30

Ciągły ślad toczenia kręgu rybiego. Moulds of continuous roll mark produced by fish vertebra whose axis rotated at right angle to current flow. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Ciągły ślad toczenia kręgu rybiego. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Continuous roll mark of fish vertebra. Base of experimental turbidite. Fig. 17. nr inw. CD 31



Kości rybie "in situ" w łupku fliszowym. Fish bones in their original place Shale from Podhale Flysch. Oligocene. Fig. 18. nr inw. CD 3



Fig. 19. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 55 Kość rybia w zakończeniu zadzioru uderzeniowego na spągu piaskowca menilitowego. Fish bone at downcurrent end of prod mark. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 20.Kości rybie na spągu piaskowca krośnieńskiego.coll. S. Dżułyński
nr inw. CD 57Part of fish skeleton.
Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Ząb rekina w zakończeniu śladu wleczenia. Shark tooth at downcurrent end of groove mould. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 21. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 63



Ślady wleczenia i toczenia skorupy amonita Collignoniceras volgari. Odcisk amonita w zakończeniu śladu wleczenia. Counterpart of roll and drag marks made by shell of amonite Collignoniceras volgari. Imprint of shale preserved at downcurrent end of short grooves. Mancos Shale. Upper Cretaceous. Black Mesa. Arizona.

Fig. 22. coll. S. Dżułyński and Ch. Repenning nr inw. CD 65



Fig. 23. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 39 Ślad poślizgu ze zmarszczkami czołowymi. Odlew na spągu piaskowca menilitowego. Counterpart of brush mark with multiple mud bulges at downcurrent end. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 24. nr inw. CD 41a Hieroglify strzałkowe i ślady poślizgów ze zmarszczkami czołowymi. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Doubly ruffled groove moulds passing into U-shaped chevrons. Base of experimental turbidite.



Hieroglify strzałkowe i ślady poślizgów ze zmarszczkami czołowymi. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Doubly ruffled groove moulds passing into U-shaped chevrons. Base of experimental turbidite. Fig. 25. nr inw. CD 41b



Ostro zakończone hieroglify strzałkowe. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego.

Sharp-pointed chevron marks and grooves. Base of experimental turbidite.

Fig. 26. nr inw. CD 44



Fig. 27. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 213 Hieroglif strzałkowy na wewnątrzławicowej powierzchni oddzielności. Chevron mark on parting surface of sandstone bed. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 28. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 216 Ślad strzałkowy i ślad toczenia kręgu. Chevron mark and markings produced by saltating fish vertebra. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Spąg ławicy piaskowca krośnieńskiego ze śladami przedmiotów. Widoczne są: ślady płaskich uderzeń z odlewami zmarszczek czołowych, ślady odbicia, "hieroglif strzałkowy" oraz ślad przedmiotu ślizgającego się po dnie.

Fig. 29. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 314

Base of sandstone showing tool markings assemblage: skip moulds with casts of mud bulges at down-current end, bounce marks, chevron mark. Krosno beds. Oligocene. Kąty.

Zwęglone odłamki napławionego drewna przy końcu śladu wleczenia. Carbonized wood at end of groove cast. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 30. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 62



Fig. 31. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 68

Odłamki zwęglonego drewna w zakończeniu śladów wleczenia. Fragments of carbonized wood at downcurrent end of groove moulds. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 32. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 69

Zwęglony kawałek drewna w zakończeniu śladu wleczenia Fragment of carbonized wood at downcurrent end of groove mould. Menilite beds. Oligocene.



Skręcony ślad wleczenia odłamka lignitu. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Twisted groove mould produced by dragging of lignite fragment. Base of experimental turbidite. Fig. 33. nr inw. CD 19



Odlewy jamek wirowych powstałych w zakończeniu zadziorów uderzeniowych. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Counterpart of flutes evolving from impact markings. Base of experimental turbidite.

Fig. 34. nr inw. CD 97



Fig. 35. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 215 Zadzior uderzeniowy spowodowany uderzeniem o dno płata łupkowego z odciskami drobnych odłamków łupkowych i śladem /odlewem/ czołowego fałdu.

Prod mark with mud bulge on downcurrent end made by shale slab. Note small casts of shale fragments detached at impact with bottom.



Fig. 36. coll. S. Dżułyński and A. Radomski nr inw. CD 51 Odlew spękanego kawałka łupku w zakończeniu śladu wleczenia. Mould of fissured shale fragment at downcurrent end of groove. Podhale Flysch. Oligocene. Witów.



Okruchy łupków w zakończeniu rys i zadziorów uderzeniowych. Fragments of shales at downcurrent end of short groove and prod mark. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 37. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 52



Okruchy miękkiego łupku w zakończeniu śladu wleczenia. Set of groove mould formed by soft shale fragments. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 38. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 58



Fig. 39. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 61 Okruchy miękkich łupków w zakończeniu śladu wleczenia. Counterpart of shale mass that made short set of grooves. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 40. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 297 Ślady przeskoków płaskiego przedmiotu, który w trakcie transportu ustawiony był poprzecznie do prądu. Saltation marks made by a tabular object oriented perpendicularly to direction of current flow. Krosno beds. Oligocene. Besko.



Szerokie i węższe zadziory uderzeniowe utworzone przez koziołkujący, duży, płaski i trójkątny kawałek łupku, który uderzał o dno naprzemianlegle, raz szerszym bokiem, a raz wierzchołkiem. W zakończeniach śladów odciski drobnych okruchów łupku oderwanych od dużego fragmentu przy uderzeniu o dno.

Fig. 41. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 316

Broad and narrow prod marks produced by somersaulting triangular slab of shale prodding the bottom, alternately, with one broad side and sharp corner. Note casts of small pieces of shale detached from the slab at impact with bottom. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Ślady pozostawione przez cienką płytkę lignitu uderzającą poprzecznie o dno. Ślady zajmują położenie poprzeczne lub skośne do pozostałych śladów. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Moulds of markings produced by a platy fragment of lignite transported crosswise and impinging bottom clay by its edges. Markings are perpendicular or oblique to grooves. Base of experimental turbidite. Fig. 42. nr inw. CD 24



Fig. 43. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 22

Ślad wleczenia. Drag mark. and Ch. Repenning Mancos shale. Upper Cretaceous. Black Mesa. Arizona.



Fig. 44. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 72

Ślad przedmiotu, który przy styku z dnem został obrócony wokół osi. Counterpart of depression made by object spinning on its long axis on impact with bottom. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Ślad wleczenia przedmiotu o miękkiej konsystencji. Spąg piaskowca krośnieńskiego. Groove mould made by flexible tool. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 45. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 74



Odlew śladu toczenia /?/ na spagu piaskowca krośnieńskiego. Moulds of rolling /?/ tool. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 46. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 82



Fig. 47. nr inw. CD 79

Odlewy płaskodennych rowków powstałych w wyniku toczenia okrągłych grudek iłu. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Moulds of flat-bottomed grooves made by rolling of rounded mud lumps. Base of experimental turbidite.



Fig. 48. nr inw. CD 38 Hieroglify strząłkowe i strzępiaste ślady poślizgu. Odlewy na spągu doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Counterpart of doubly ruffled grooves and chevron marks. Base of experimental turbidite.



Zadziory uderzeniowe i ślady zgarniania ze skręconymi zakończeniami. Prod and brush marks with twisted downcurrent ends. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 49. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 48



Ślad wleczenia miękkiego materiału i dylatacyjne szczelinki na spągu
piaskowca krośnieńskiego.Fig. 50.
coll. S. Dżułyński
nr inw. CD 70Groove mould made by soft masses and dilatation cracks.nr inw. CD 70Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.nr inw. CD 70



Fig. 51. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 73 Skręcone w doprądowych zakończeniach ślady wleczenia wskazujące na silne zawirowanie w prądzie. W górnej części okazu zwęglony fragment drewna ustawiony prostopadle do kierunku prądu. Groove moulds with twisted downcurrent ends. Note carbonized wood fragment lying athwart current. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 52. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 77

Zakręcone rysy wleczeniowe na spągu piaskowca krośnieńskiego. Curved drag striae. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Ślady wleczenia na spągu piaskowca. Drag markings. Base of sandstone. Podhale Flysch. Oligocene. Gubałówka. Fig. 53. coll. S. Dżułyński and A. Radomski nr inw. CD 221



Krzyżujące się ślady wleczenia i zadziory uderzeniowe. Przykład chwilowych zmian w kierunku przepływu bezpośrednio przed osadzeniem się ławicy piaskowcowej.

Fig. 54. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 298

Counterpart of two generations of tool marks. Earlier grooves cut by younger prod and brush marks. Example of local changes in flow direction prior to deposition. Cergowa sandstone. Oligocene. Komańcza



Fig. 55. coll. S. Dżułyńsk A. Ślączka and A. J. Smith nr inw. CD 304

Fig. 55.Odlewy śladów wleczenia i śladów toczenia ziaren piasku, przecięte
skośnie młodszym śladem wleczenia.

Sets of simple grooves some of which represent roll marks of coarse quartz grains cut by a broad. Shallow and slightly ruffled groove. Note reorientation of sand grains within the broad groove. Magura beds. Eocene. Krzyżówka.



Fig. 56. coll. S. Dżułyński, A. Ślączka and A. J. Smith nr inw. CD 305

Fig. 56.Krzyżujące się ślady wleczenia. Deformacja starszych strukturcoll. S. Dżułyński,wleczeniowych na styku z młodszymi.

Two generations of grooves differing in orientation. The older grooves cut by a "ruffled" younger groove. Magura beds. Eocene. Krzyżówka.



Zaburzone ślady wleczenia na spągu piaskowca. Dewformed groove casts on undersurface of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 57. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 84



Ślady wleczenia częściowo zaburzone przez głębiej wciętą bruzdę wleczeniową. Groove moulds partly disturbed by more deeply incised drag furrow.

Groove moulds partly disturbed by more deeply incised drag the Podhale Flysch. Oligocene. Biały Dunajec.

Fig. 58. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 223



Fig. 59. nr inw. CD 46 Częściowo rozmyte ślady wleczenia i zadziory uderzeniowe współwystępujące z podłużnymi grzbietami prądowymi i poprzecznie ułożonymi pogrązami. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Partly scoured moulds of groove and prod marks coexistent with

longitudinal ridges and unoriented load structures. Base of experimental turbidite.



Fig. 60. nr inw. CD 29 Ślad przedmiotu /odłamek lignitu i krąg rybi/ uderzającego o dno w regularnych odstępach. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego.

Moulds of prod marks made by object /piece of lignite and fish vertebra/ impinging upon the bottom at regular intervals. Base of experimental turbidite.



Odlewy wciętych rowków wleczeniowych i zadziorów uderzeniowych oraz struktury deformacyjne na spągu doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego.

Fig. 61. nr inw. CD 98

Moulds of grooves and prod marks coexistent with deformation structures. Base of experimental turbidite.



Odlewy głębokich rowków powstałych w wyniku toczenia zaokrąglonych grudek iłu po miękkim dnie. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego.

Fig. 62. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 81

Moulds of deep grooves produced on soft bottom substratum by rounded mud lumps. Base of experimental turbidite.



Fig. 63. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 71 Fragment zwęglonego drewna ze śladami drzewotoczy. Carbonized wood fragment with burrowings of wood-eating molluscs. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Fig. 64. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 224

Płaskie fragmenty łupków w obrębie piaskowca. Discoidal shale fragments in sandstone. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Spąg piaskowca z napławionymi, zwęglonymi kawałkami drewna, których większość ułożona jest dłuższymi osiami zgodnie z prądem. Counterpart of bottom with carbonized wood fragments. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 65. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 232



Odlew rozmywu za przeszkodą /skamieniałość?/ Scour mark behind obstacle /fossil?/. Negative shadow effect. Krosno beds. Oligocene. Polany Surowiczne. Fig. 66. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 86



Fig. 67. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 87 Odlewy śladów opływania utworzone na brzegach zerodowanej twardej warstewki na dnie. Oderwane fragmenty warstewki zostały uniesione prądem, a półksiężycowate ślady opływania wskazują na ich czasową obecność na dnie.

Counterpart of crescentic scours that formed on upcurrent sides of remnants of eroded resistant bottom layers. Undercut borders of fragments become detached and carried away by current. Crescent marks point to temporary presence of detached fragments. Krosno beds. Oligocene. Wernejówka.



Fig. 68. coll. M. Książkiewicz nr inw. 301 Ślad opływania wokół kawałka drewna. Crescent mark around wood fragment. Podhale Flysch. Oligocene. Krempachy.



Odlewy grzbietów prądowych i zadziory uderzeniowe ze śladami rozmywania przy końcach. Moulds of longitudinal ridges and prod marks with shallow flutes at downcurrent end. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 69. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 99



Odlewy wymuszonych jamek wirowych rozwiniętych po doprądowej stronie zadziorów uderzeniowych. Moulds of longitudinal scours developed at downcurrent ends of prod marks. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 71. nr inw. CD 91 Ułożone liniowo odlewy jamek wirowych powstałe w miejscach chwilowego zetknięcia się z dnem przedmiotu /lignit/ przenoszonego ruchem skokowym przez prąd zawiesinowy. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego.

Linear arrangement of flute moulds developed at roughly regular intervals in places where skipping tools /lignite/ are temporarily arrested in their motion on collision with bottom. Base of experimental turbidite.



Fig. 72. nr inw. CD 94 Odlewy jamek wirowych rozwiniętych w miejscach chwilowego styku z dnem przedmiotów niesionych prądem zawiesinowym. Przejście od form z zachowanymi śladami zadziorów uderzeniowych do jamek pozbawionych takich śladów. Struktury doświadczalne. Moulds of flutes produced by intensification of scour downcurrent sides of impinging tools. Note intermediate forms between prod marks with scoured downcurrent ends to flutes devoid of impact scars. Base of experimental tubidite.



Odlewy płaskodennych jamek wirowych. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Moulds of flat sharp pointed flutes. Base of experimental turbidite. Fig. 73. nr inw. CD 108



Odlewy asymetrycznych jamek wirowych na spągu piaskowca krośnieńskiego. Moulds of asymmetric flutes. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.

Fig. 74. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 107



Fig. 75. coll. S. Dżułyński and A. Radomski nr inw. CD 110 Wydłużone jamki wirowe. Elongate flute moulds. Podhale Flysch. Oligocene.



Fig. 76. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 111 Lejkokształtne jamki wirowe. Odlew na spągu piaskowca. Moulds of funnel-shaped flutes. Base of sandstone.Krosno beds. Oligocene. Wernejówka.



Odlewy jamek wirowych. Moulds of flute marks. Podhale Flysch. Oligocene.

Fig. 77. coll. S. Dżułyński and A. Radomski nr inw. CD 113



Wydłużone odlewy jamek wirowych. Słabo zarysowane poziomice na ściankach są śladami podatnych na erozją lamin w podścielającym ile. Elongated flute moulds with terraced sides produced by scouring of bottom sediment that consisted of interlaminated fine sand and mud. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 78. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 237



Fig. 79. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 228 Poprzeczne do prądu rozmywy rozwinięte w mule przeławiconym poziomymi wkładkami piaszczystych lamin. "Warstwice" na ściankach rozmywów odpowiadają ułożeniu lamin bardziej podatnych na erozję prądową.

Moulds of transverse scours developed in horizontally laminated mud. Terraced walls of scours indicate position of sandy laminae which are more susceptible to current erosion than cohesive mud. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 80. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 239

Odlewy płaskodennych jamek wirowych z "warstwicami" na ściankach. Warstwice odpowiadają położeniu piaszczystych lamin w ile. Terraced flute moulds. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Odlewy asymetrycznych jamek wirowych. Moulds of asymmetrical flutes. Krosno beds. Oligocene. Tylawa. Fig. 81. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 246



Zaburzenia kierunku przepływu uwidocznione w rozmieszczeniu jamek wirowych. Local deviations of current flow shown by flute moulds. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 82. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 303



Fig. 83. nr inw. CD 100 Odlewy asymetrycznych jamek wirowych w skręcającym prądzie zawiesinowym. Struktura doświadczalna. Experimental flute moulds asymmetrical and showing diagonal arrangement. Current moved anticlockwise the tank.



Fig. 84. nr inw. CD 229

Poprzeczne ślady rozmywania oraz ślady poślizgów. coll. S. Dżułyński Counterpart of transverse ripple-like scour marks and superimposed groove marks. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Poprzeczne ślady rozmywania przechodzące w normalne jamki wirowe. Counterpart of transverse and conical scour marks. Transition between typical flutes and transverse scours. Krosno beds. Oligocene. Wernejówka.

Fig. 85. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 235



Odlewy żłobków prądowych i jamek wirowych na spągowej powierzchni piaskowca. Moulds of anastomosing rills. Krosno beds. Oligocene. Wernejówka.

Fig. 86. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 227



Fig. 87. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 218

Rozmyty ślad toczenia kręgu rybiego i odlewy żłobków erozyjnych. Saltation marks of fish vertebra blurred by current erosion and moulds of rill marks. Krosno beds. Oligocene. Wernejówka.



Fig. 88. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 226

Odlewy jamek wirowych na zadziorze uderzeniowym. Moulds of flutes superimposed upon large prod mark. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Zadziory uderzeniowe na ściankach jamek wirowych. Flute moulds with superimposed tool marks. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 89. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 233



Odlew jamki wirowej z nałożonymi odlewami mniejszych jamek Fig. 90. wirowych drugiego rzędu. Flute mould with superimposed smaller flutes. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

70



Fig. 91. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 317

Spąg piaskowca z rzędowo ułożonymi odlewami jamek wirowych rozdzielonymi strefami o słabo zróżnicowanej rzeźbie. Jamki wyznaczają strugi szybszego przepływu i pasmowe rozmieszczenien niesionych prądem fragmentów ciał stałych. Fragmenty, uderzając o dno wytwarzały na nim nierówności i swoją chwilową obecnością wzbudzały zawirowania, które przy zwiększonej gęstości prądu zawiesinowego powodowały żłobienie jamek wirowych.

Counterpart of flute moulds arranged in parallel rows, separated by zones of poor morphology. Zonal arrangement of flute moulds reflects paths of more rapid flow and increased presence of transported solid fragments. In contact with the bottom, such fragments produced bottom irregularities and by their temporary presence generated vortices. Such vortices, combined with increased current density, scoured flute markings.

Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 91. /fragment/



Nieregularne, rzędowo i naprzemianlegle ułożone struktury łuskowe. Spąg piaskowca krośnieńskiego. Irregular scaly structures arranged in parallel and alternating patterns. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa. Fig. 92. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 129



Nieregularne, rzędowo i naprzemianlegle ułożone struktury łuskowe. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Irregular scaly structures arranged in parallel and alternating patterns. Base of experimental turbidite.

Fig. 93. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 128



Fig. 94. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 212 Ślad strzałkowy i poprzeczne do prądu zmarszczki wywołane tarciem o dno płynącej zawiesiny.

Chevron mark and transverse shear wrinkles made by current drag. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 95. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 198

Odlewy poprzecznych szczelinek rozciągania na śladach wleczenia. Fine groove moulds associated with cracks infillings. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Odlewy zmarszczek poprzecznych wytworzonych na powierzchni iłu pod wpływem tarcia prądu. Zmarszczki wyginają się w kierunku przeciwnym prądowi w miejscach, w których nakładają się na odlewy rys wleczeniowych.

Fig. 96. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 244

Reversed chevrons formed by superposition of transverse wrinkles on grooves. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Odlewy podłużnych grzbietów prądowych odchylone ku zagłębieniu na dnie. Struktury wieloboczne u zbiegu odchylonego strumienia z głównym nurtem. Moulds of longitudinal ridges deviated by bottom irregularity /depression/.

Polygonal structures formed in zone of interference between deflected and undeflected forward flow. Krosno beds. Oligocene. Wołkowyja.

Fig. 97. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 261



Fig. 98. nr inw. CD 160 a

Układ grzbietów prądowych wokół przeszkody. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Pattern of ridges around obstacle. Base of experimental turbidite.



Fig. 99. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 138 Odciski rzadko rozmieszczonych grzbietów podłużnych rozdzielonych płaskodennymi bruzdami. Spąg piaskowca krośnieńskiego. Moulds of widely spaced -L- ridges separated by moulds of flat-bottomed furrows. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Odciski nieregularnych grzbietów podłużnych oraz poprzeczne wyciśnięcia iłowe wypukłością zwrócone w kierunku prądu. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Imprints of irregular longitudinal ridges and those of transverse "flame Fig. 100. nr inw. CD 137

Imprints of irregular longitudinal ridges and those of transverse "flame structures" convex down-current and due to pushing forward of soft, cohesive plaster-of-paris lumps. Base of experimental turbidite.



Płaskie poligonalne pogrązy. Flat polygonal load-casts. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 101. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 119



Fig. 102. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 123

Struktura "robaczkowa" na spągu piaskowca krośnieńskiego. "Vermicular" structure. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Tylawa



Fig. 103.	Niereg
coll. S. Dżułyński	Irregul
nr inw. CD 130	Krosno

lieregularne pogrązy. regular load casts. (rosno beds. Oligocene. Sieniawa



Płaskie, krzywolinijne w zarysie struktury pogrązowe. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Flat curvilinear load deformations. Base of experimental turbidite.

Fig. 104. nr inw. CD 114



Komórki konwekcyjne pogrązów o zarysach krzywolinijnych i kolistych na spągu doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Roughly circular and polygonal convective cells some with point injections of clay. Base of experimental turbidite. Fig. 105. nr inw. CD 116



Fig. 106. nr inw. CD 118

"Pozytywy" i "negatywy" poligonalnych grzbietów na wewnątrz ławicowej powierzchni oddzielności. Struktura doświadczalna. Counterpart of polygonal ridges on interval parting planes. Positives and negatives. Experimental structure.



Fig. 107. nr inw. CD 124 Struktura "robaczkowa" utworzona doświadczalnie. "Vermicular" structure produced experimentally.



Prostokątne pogrązy uszeregowane równolegle do prądu. Struktura doświadczalna. Rectangular load-casts arranged in flow-parallel rows. Base of experimental turbidite. Fig. 108. nr inw. CD 152



Strop słupowych inwolucji po usunięciu pokrywy piaszczystej. Struktury doświadczalne. Upper surface of columnar involutions after removal of sand cover. Experimental structures. Fig. 109. nr inw. CD 184





Spąg piaskowca z pogrązami i strukturami łuskowymi. Base of sandstone with load casts and scaly structures. Magura beds. Eocene. Koninki.



Fig. 111. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 115

Nieregularne struktury pogrązowe na spągu piaskowca krośnieńskiego. Irregular load-casts. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Wetlina.



Pogrązy o wielobocznych częściowo romboidalnych zarysach. Load deformations showing polygonal and partly rhomboidal outlines. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 112. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 132



Osad rozcieńczonego, gipsowego prądu zawiesinowego z domieszką piasku. Lepkość kinematyczna zapiaszczonej zawiesiny jest większa od lepkości iłu, który przy wpływie /lewa strona/ tworzy kopulaste intruzje, a przy wypływie, po wypadnięciu piasku zawiesina tworzy zwisające pogrązy.

Fig. 113. nr inw. CD 122

Base of experimental turbidite made by diluted plaster-of-paris suspension with addition of sand. In proximal part /left/, underlying clay forms rising lobes because sanded suspension has higher kinematic viscosity than clay. In distal part, with absence of sand, the settling suspension forms pending load-casts.



G. L. Shideler and A. Ślączka nr inw. CD 251

Fig. 114.Ślad kręgu rybiego z odciskami dendrytycznych grzbietów, które
powstały w następstwie wciśnięcia lżejszej powierzchniowej warstewki osadu dennego w nieco gęściejsze podłoże. Wciśnięciu towarzyszyło nieznaczne przesunięcie poziome.

Counterpart of impact induced dendriting ridges on moulds of prod and brush marks of fish vertebra. The ridges resulted from pressing of low density top layer of bottom mud into slightly denser substratum by prodding tool, combined with horizontal shear. Krosno beds. Oligocene. . Wetlina.



Syndepozycyjne przesunięcia na spągu piaskowca. Small synsedimentary displacements. Base of sandstone. Podhale Flysch. Oligocene. Płazówka.

Fig. 116. coll. S. Dżułyński and A. Radomski nr inw. CD 180



Fig. 115. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 120

Struktury łuskowe i wieloboczne pogrązy na spągu piaskowca. Scales and irregular load casts. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Poprzeczne szczelinki rozwarcia. Transverse fractures. Base of Krosno sandstone. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 117. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 197



Fig. 118. coll. S. Dżułyński, nr inw. CD 257

Rozwarte szczelinki w spągu piaskowca utworzone niesionym prądem przedmiotem, który otarł się o dno już przysypane warstewką opadającego piasku. Crevices on undersurface of sandstone produced by tool prodding

bottom already covered by first layer of sand. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 119. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 258 Rozwarte szczelinki w spągu piaskowca utworzone niesionym prądem przedmiotem, który otarł się o dno już przysypane warstewką opadającego piasku. Crevices on undersurface of sandstone produced by tool prodding bottom already covered by first layer of sand. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Poprzeczne szczelinki rozwarcia. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Transverse shear cracks. Base of experimental turbidite. Fig. 120. nr inw. CD 196



"Riplemarkowe konwolucje" z wyciśniętymi w górę siodłami warstwowania skorupowego. Przekrój prostopadły do kierunku prądu. Convolutions produced by stretching out of ripple crests by current drag combined with loading of ripple troughs. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 121. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 275



Fig. 122. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 280

Guz warstwowania skorupowego w przekroju. Convolute knob in cross-section. Krosno beds. Oligocene. Besko.



Fig. 123. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 281

"Łęk" konwolucyjny. Szczegół warstwowania skorupowego. Convolute syncline. Detail of convolutions. Krosno beds. Oligocene. Mymoń.



Stożkowe kopułki w konwolucji typu "Besko" wyrastające z miejsc przecięcia podłużnych i poprzecznych do prądu garbów konwolucyjnych. Conical knobs arising from intersection of round-crested longitudinal and transverse ridges in "Besko" type convolutions. Krosno beds. Oligocene. Besko.

Fig. 124. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 289



Stożkowe kopułki w konwolucji typu "Besko" wyrastające z miejsc przecięcia podłużnych i poprzecznych do prądu garbów konwolucyjnych. Conical knobs arising from intersection of round-crested longitudinal and transverse ridges in "Besko" type convolutions. Krosno beds. Oligocene. Besko.

Fig. 125. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 290



Fig. 126. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 179

Bezładne warstwowanie skorupowe w stropie gęstego osadu prądu zawiesinowego. Chaotic convolute lamination /crinkling/ at top of coarse turbidite. Magura beds. Oligocene. Bednarka.



Fig. 127. nr inw. CD 178b

Struktury konwolutne w doświadczalnym osadzie zawiesinowym. Current induced convolutions. Deposit of experimental turbidite.



Odwrócone fragmenty oderwanych z dna warstw umieszczone w stropie ławicy zawiesinowej. Struktura doświadczalna. Overturned fragments of bottom layers concentrated in upper part of turbidite bed. Experimental structure. Fig. 128. nr inw. CD 192



Oderwane z podłoża przez napływ gęstego prądu zawiesinowego, połamane i pozwijane kawałki laminowanego osadu dennego. Struktury doświadczalne. Fig. 129. nr inw. CD 194

Angular and contorted fragments of laminated bottom deposits in dense experimental turbidite.



Fig. 130. nr inw. CD 193

Doświadczalne odwrócone fałdy o osiach prostopadłych do kierunku przepływu wywołane napływem gęstej zawiesiny gipsowej. Prolapse folds in experimental turbidite with axes perpendicular to current direction.



Fig. 131. nr inw. CD 195 Fałdy o osiach równoległych do prądu wywołane napływem ciężkiej zawiesiny na laminowane podłoże. Widok od dołu. Spąg doświadczalnego zawiesinowca. Flow parallel folds produced in laminated substrate by inflow of heavy

suspension. Plan view. Base of experimental turbidite.



Odlewy grzbietów dendrytycznych na spągu piaskowca krośnieńskiego. Moulds of dendritic ridges on lower surface of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Mokre.

Fig. 132. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 134



Odciski dendrytycznych grzbietów na spągu piaskowca krośnieńskiego. Moulds of dendritic ridges. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Mokre.

Fig. 133. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 135





Odlewy doświadczalnych grzbietów dendrytycznych. Moulds of experimental dendritic ridges.



Fig. 135.
coll. S. Dżułyński
nr inw. CD 143Negatywy wąsko rozstawionych grzbietów podłużnych na spągu
piaskowca krośnieńskiego.
Counterparts of closely spaced longitudinal ridges.
Base of sandstone Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Negatywy wąsko rozstawionych grzbietów podłużnych na spągu doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Counterparts of closely spaced longitudinal ridges. Base of experimental turbidite.

Fig. 136. nr inw. CD 144



Pogrązy poprzeczne. Transverse load deformations. Hieroglyphic beds. Eocene. Łętownia Górna.

Fig. 137. coll. M. Książkiewicz nr inw. CD 161



Fig. 138.	Pogrązy poprzeczne /?/.
coll. M. Ksiażkiewicz Transverse /?/ load deformations.	
nr inw. CD 162	Beloveza beds. Eocene. Lipnica Wielka.



Fig. 139. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 164 Struktury na spągu piaskowca krośnieńskiego, które mogą odpowiadać poprzecznym deformacjom prądowym.

4 Structures which may represent transverse current induced deformations. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Poprzeczne struktury pogrązowe na spągu doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego złożonego na miękkim laminowanym podłożu. Struktura wewnętrzna osadu: konwolutna.

Fig. 140. nr inw. CD 163

Transverse load deformations. Base of experimental turbidite deposited upon soft laminated substratum. Internally the turbidite shows convolute.



Krzywolinijne, poprzeczne deformacje pogrązowe w miękkim laminowanym osadzie utworzone w wyniku przepływu doświadczalnego prądu zawiesinowego. Struktura wewnętrzna osadu prądu zawiesinowego: konwolutna. Fig. 141. nr inw. CD 165

Curved pseudonodular load deformations produced by impact of experimental turbidity current upon soft laminated substratum. Load structures transverse to current flow. Internally, the turbidite shows convolute lamination.

97





Doświadczalne struktury "pseudonodularne". Experimental pseudonodules.



Fig. 143. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 117

Negatywy i pozytywy pogrązów na wewnątrzławicowej powierzchni oddzielności.

Counterpart of load deformations on parting surface of sandstone. Positives and negatives. Krosno beds. Oligocene. Wetlina.



Odciski podłużnych grzbietów i wąskie wypukłe odlewy bruzd międzygrzbietowych z łukowymi karbami. Imprints of longitudinal ridges and moulds of intervening furrows with scaly notches. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.

Fig. 144. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 148a



Odciski podłużnych grzbietów i wąskie wypukłe odlewy bruzd międzygrzbietowych z łukowymi karbami.

Imprints of longitudinal ridges and moulds of intervening furrows with scaly notches. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.

Fig. 145. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 148b



Fig. 146. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 151 Odciski podłużnych grzbietów prądowych na wewnątrzławicowych powierzchniach nieciągłości. Moulds of longitudinal current ridges on intrastratal discontinuity surfaces.

Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Fig. 147. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 243

Pogrzęźnięte odlewy podłużnych grzbiecików na spągu piaskowca Load deformed moulds of longitudinal ridges. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Negatyw grzbietów podłużnych na spągu wewnątrzławicowej powierzchni oddzielności. Counterpart of longitudinal ridges on internal parting plane. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 148. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 291



Grzbiety podłużne na stropie wewnątrzławicowej powierzchni oddzielności.

Longitudinal ridges on upper surface of internal parting plane. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 149. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 313



Fig. 150. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 260 Podłużne struktury spągowe przechodzące w nieregularne i poprzeczne /do prądu/ pogrązy w miejscu spowolnienia przepływu. Linear /longitudinal/ sole markings passing into irregular and transverse load-casts in zone of flow retardation. Krosno beds. Oligocene. Wołkowyja.



Fig. 151. nr inw. CD 160b Przejście podłużnych grzbietów w układy wieloboczne u wylotu zwężenia. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Longitudinal and polygonal patterns of ridges developed in vicinity of constriction in flume. Base of experimental turbidite.



Przejście struktur prostolinijnych w wieloboczne u zbiegu strumienia odchylonego ze strumieniem głównym. Struktura doświadczalna. Polygonal structures formed in zone of interference between deflected and undeflected forward flow. Base of experimental turbidite. Fig. 152. nr inw. CD 159



Linijne struktury prądowe przechodzące w wieloboczne, w miejscu przyhamowania przepływu. Struktura doświadczalna. Linear ridges passing into "pillow-like" structures where current flow is slowed down. Base of experimental turbidite. Fig. 153. nr inw. CD 153



Fig. 154. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 141 Pasma wolniejszego przepływu z wielobocznymi pogrązami, rozdzielone pasmami szybszego przepływu z odciskami podłużnych grzbietów prądowych.

Bands of slower flow with polygonal load casts, separated by bands of more rapid flow with imprints of longitudinal current ridges. Intrastratal positive structure. Krosno beds. Oligocene. Wetlina.



Fig. 155. nr inw. CD 142

Pasma prostolinijnych i wielobocznych grzbietów utworzone na dnie przez przepływ doświadczalnego prądu zawiesinowego. Linear and polygonal ridges produced when sand and water mixture flowed as turbidity current over soft plaster-of-paris substratum.



Struktury łuskowe ułożone naprzemianlegle. Spąg piaskowca krośnieńskiego. Scaly structures arranged in alternating and overlapping lobes. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 156. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 126



Naprzemianległe, wypukłe struktury łuskowe. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Alternating and overlapping pattern of bulbous scaly structures. Base of experimental turbidite. Fig. 157. nr inw. CD 127



Fig. 158. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 150

Rzędowo ułożone struktury łuskowe. Spąg piaskowca krośnieńskiego. Scaly structures arranged in rows. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Fig. 159. nr inw. CD 145

Odciski podłużnych grzbietów i struktury łuskowe ułożone rzędowo. coll. S. Dżułyński Spąg piaskowca krośnieńskiego. Imprints longitudinal ridges and scaly structures arranged in parallel rows. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Odlewy rzędowo ułożonych struktur łuskowych i podłużnych grzbietów. Moulds of scales arranged in rows and longitudinal ridges. Cergowa sandstone. Oligocene. Komańcza.

Fig. 160. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 241



Fig. 160. /fragment/



Fig. 161. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 278 Strop wewnątrzławicowej powierzchni oddzielności z miseczkowymi strukturami odpowiadającymi "łękom" warstwowania skorupowego. Nieruchomy horyzontalnie niestateczny układ ba. Top of parting surface with dish-like structures corresponding to "synclines" of convolute lamination in non-mobile ba system. Inoceramian beds. Upper Cretaceous. Ropica.



Fig. 162. coll. E. Gil nr inw. CD 279 Warstwowanie skorupowe. Detail of convolute lamination. Inoceramian beds. Szymbark.



Ławica złożona. Drobnoziarnisty piaskowiec złożony prądem z NNW - gruboziarnisty z SSE.

Fig. 163. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 270

Amalgamated bed. Fine-grained sandstone deposited from NNW - coarse grained from SSE. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Ławica złożona. Drobnoziarnisty piaskowiec złożony prądem z NNW - gruboziarnisty z SSE.

Amalgamated bed. Fine-grained sandstone deposited from NNW - coarse grained from SSE. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.

Fig. 164. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 272



Fig. 165. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 273 Ławica złożona. Drobnoziarnisty piaskowiec złożony prądem z NNW - gruboziarnisty z SSE. Amalgamated bed. Fine-grained sandstone deposited from NNW - grained from SSE. Krosno beds. Oligocene. Sieniawa.



Fig. 166. coll. A. Malik nr inw. CD 254a Struktury miseczkowe. Dish structures. Godula beds. Senon. Wisła.



Intruzje kurzawkowe. Quicksand intrusions. Fig. 167. nr inw. CD 199



Hieroglify pierzaste związane z zadziorami uderzeniowymi. Feather marks controlled by prod mark. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 168. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 166



Fig. 169. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 167 Hieroglif pierzasty promieniujący z zakończenia zadzioru uderzeniowego. Feather mark radiating from downcurrent end of prod mark. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 170. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 168

Nałożone na siebie hieroglify pierzaste Feather marks superimposed upon each other. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Hieroglif pierzasty ze spągu upłynnionej ławicy źródłowej żył piaskowcowych. Feather mark from base of liquefied source bed clastic dykes. Menilite beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 171. coll. S. Dżułyński and A. Radomski nr inw. CD 171



Wydłużone hieroglify pierzaste. Elongate feather marks. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 172. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 172



Fig. 173. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 173 Hieroglif pierzasty nałożony poprzecznie na ślad wleczenia. Feather mark superimposed transverse upon groove mould. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 174. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 175

Hieroglif pierzasty rozwinięty z punktowego źródła i skierowany skośnie do kierunku prądu.

Feather mark radiating from point source obliquely to current flow. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Słabo zazębione hieroglify pierzaste na spągu piaskowca krośnieńskiego. Untringed feather marks. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 175. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 176



Hieroglif pierzasty zwrócony w kierunku przeciwnym do prądu. Frondescent mark oriented in up-current direction. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 176. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 263



Fig. 177. coll. S. Dżułyński and A. Ślączka nr inw. CD 255

Hieroglify pierzaste w odlewie płytkiej bruzdy erozyjnej. Frondescent marks in mould of shallow erosion furrow. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 178. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 256 Hieroglify pierzaste zaburzone śladem przedmiotu, który otarł się o dno już przykryte pierwszą warstewką piasku. Frondescent marks disturbed by tool mark produced by tool which

Frondescent marks disturbed by tool mark produced by tool which rubbed against bottom already covered with first layer of sand. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Płaskie hieroglify pierzaste. Flat feather marks. Podhale Flysch /?/. Oligocene.

Fig. 179. nr inw. CD 264



Wypukłe hieroglify pierzaste na spągu piaskowca. Convex feather marks. Base of sandstone. Podhale Flysch. Oligocene.

Fig. 180. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 265



Fig. 181. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 266 Wydłużone hieroglify pierzaste nałożone na odlewy śladów przedmiotów i jamek wirowych. Elongate feather marks superimposed upon tool marks. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Fig. 182. nr inw. CD 169 Wachlarzowy hieroglif pierzasty utworzony doświadczalnie bez udziału prądu. Squamiform feather mark produced experimentally in absence of current flow.



Hieroglify pierzaste utworzone doświadczalnie bez udziału prądu. Feather marks produced experimentally in absence of current flow. Structure radiating from point source. Fig. 183. nr inw. CD 170



Hieroglif pierzasty utworzony doświadczalnie przy udziale prądu. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Feather mark produced experimentally in presence of turbidity current. Structure elongated downcurrent and superimposed upon minor flutes. Base of experimental turbidite. Fig. 184. nr inw. CD 174



Fig. 185. nr inw. CD 131

Pogrzęźnięte riplemarki i diapiry podścielającego iłu z odlewami coll. J. Burtanówna szczelinek dylatacyjnych w stropie. Load-casted ripples and mud diapirs with infillings of dilatation fissures. Krosno beds. Oligocene. Myślenice.



Fig. 186. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 158

Odlewy okrągławych jamek wirowych na doprądowej stronie poprzecznych nierówności dna. Rounded scour marks on downcurrent side of transverse bottom elevations. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Pogrzęźnięte zmarszczki prądowe na spągu piaskowca. Na odprądowej stronie zmarszczek widoczne ślady wyciskania przychwyconej wody, ściekającej po odprądowych laminach w kierunku największej deformacji i dylatacji.

Fig. 187. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 200

Load-casted ripples with post-depositional sole markings produced by quicksand squeezed along forest laminae, towards maximum of deformation and dilatancy. Krosno beds. Oligocene. Grybów.



Fig. 187. /fragment/



Fig. 188. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 201

Pogrzęźnięte zmarszczki prądowe na spągu piaskowca. Na odprądowej stronie zmarszczek widoczne ślady wyciskania przychwyconej wody, ściekającej po odprądowych laminach w kierunku największej deformacji i dylatacji.

Load-casted ripples with post-depositional sole markings produced by quicksand squeezed along forest laminae, towards maximum of deformation and dilatancy. Krosno beds. Oligocene. Grybów.



Fig. 188. /fragment/



Pogrzęźniete zmarszczki prądowe na spągu piaskowca. Na odprądowej stronie zmarszczek widoczne ślady wyciskania przychwyconej wody, ściekającej po odprądowych laminach w kierunku największej deformacji i dylatacji.

Fig. 189. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 202

Load-casted ripples with post-depositional sole markings produced by quicksand squeezed along forest laminae, towards maximum of deformation and dilatancy. Krosno beds. Oligocene. Grybów.



Fig. 189. /fragment/



Fig. 190. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 206 Pogrzęźnięte riplemarki na spągu piaskowca ze słabymi pogrązami oraz zachowane ślady uderzeń. Load-casted ripples with minor load deformations and preserved tool marks.

Glarnerchiefer. Oligocene. Engi-Matt. Swiss Alps.



Fig. 191. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 207 Podepozycyjne struktury utworzone przez wyciekanie przychwyconej wody spływającej po doprądowych laminach pogrzęźniętych zmarszczek prądowych w kierunku największej wypukłości i dylatacji. Postdepositional structures produced by squeezed connate water flowing down along foreset laminae towards maximum swelling and dilatation of load-casted base of ripples. Upper Cretaceous Flysch. Valea Leurzi, Rumanian Carpathian.



Pogrzęźnięta zmarszczka prądowa /riplemark/ ze strukturami spływu wyciśniętej wody ściekającej wzdłuż doprądowych warstewek w kierunku największej deformacji. Spąg piaskowca. Load-casted ripple with structures produced by squeezed water, flowing along foreset laminae towards maximum of deformation. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 192. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 259



Pogrzęźnięte linijne zmarszczki prądowe. Load-casted linear ripples. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska. Fig. 193. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 284



Fig. 194. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 262 Spąg piaskowca krośnieńskiego z odlewem powierzchni dna pokrytej pręgami falistymi. Struktury linijne na doprądowych skłonach przechodzą w zagłębieniach między pręgami w struktury wieloboczne. Counterpart of bottom showing ripples with linear structures on upcurrent slopes and polygonal structures in troughs. Base of sandstone. Krosno beds. Oligocene. Wołkowyja.



Fig. 195. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 253 Odlewy zmarszczek prądowych z linijnymi łuskami po stronie doprądowej i wielobocznymi po odprądowej stronie. Moulds of asymmetric ripples with linear ridges and scales on lee sides and irregular cushion - like structures on downcurrent side. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.



Odlewy zmarszczek prądowych z linijnymi łuskami po stronie doprądowej i wielobocznymi po odprądowej stronie. Moulds of asymmetric ripples with linear ridges and scales on lee sides and irregular cushion - like structures on downcurrent side. Krosno beds. Oligocene. Rudawka Rymanowska.

Fig. 196. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 252



Rytmiczne występowanie linijnych i wielobocznych form na falistej powierzchni pozorującej powierzchnię riplemarkową. Spąg doświadczalnego osadu prądu zawiesinowego. Rhythmic appearance of linear and polygonal ridge patterns on "rippled" surface. Base of experimental turbidite. Fig. 197. nr inw. CD 154



Fig. 198. coll. S. Dżułyński and J. Kotlarczyk nr inw. CD 203 Ponasuwane na siebie pogrzęźnięte zmarszczki prądowe. Clustered load-casted ripples overlapping one after the other and pressing downward and forward the earlier ripples into soft substrate at the same place. Kliwa sandstone. Oligocene. Rudawka.



Fig. 199. coll. S. Dżułyński and J. Kotlarczyk nr inw. CD 204

Ponasuwane na siebie pogrzężnięte zmarszczki prądowe. Clustered load-casted ripples overlapping one after the other and pressing downward and forward the earlier ripples into soft substrate at the same place. Kliwa sandstone. Oligocene. Rudawka.



Ponasuwane na siebie pogrzęźnięte zmarszczki prądowe. Clustered load-casted ripples overlapping one after the other and pressing downward and forward the earlier ripples into soft substrate at the same place.Kliwa sandstone. Oligocene. Rudawka.

Fig. 200. coll. S. Dżułyński and J. Kotlarczyk nr inw. CD 205



Odlewy odosobnionych żłobków erozyjnych. Isolated gutter marks. Magura beds. Oligocene. Dragaszów. Fig. 201. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 292



Fig. 202. nr inw. CD 293 Odlewy odosobnionych żłobków erozyjnych. Isolated gutter marks. Magura beds. Oligocene. Dragaszów.



Wirowiec. Whirl-ball. Uppermost Menilite beds. Oligocene. Besko. Fig. 204. coll. S. Dżułyński nr inw. CD 267



Fig. 203. coll. S. Dżułyński and A. Radomski nr inw. CD 294

Fragment żył piaskowcowych ze zmarszczkami kompakcyjnymi. Fragments of sandstone veins showing compaction wrinkles. Menilite beds. Upper Eocene. Rudawka Rymanowska.



Doświadczalne kliny klastyczne. Experimental clastic wedges. Fig. 205. nr inw. CD 185



Fig. 206. nr inw. CD 186 Doświadczalne kliny klastyczne. Experimental clastic wedges.



Fig. 206. /fragment/