

Krzysztof JAWOROWSKI

Laminacja pozioma, przekątna i konwolutna w ludlowie z wiercenia Lębork

WSTĘP

Mianem laminacji określa się warstwowanie, w którym uczestniczą cienkie warstewki, czyli laminy, o miąższości w zasadzie nie przekraczającej 1 cm. Tę właśnie wielkość przyjęto za górną granicę miąższości lamin (Ph. H. Kuenen, 1950; M. Książkiewicz, 1954). W ludlowie z wiercenia Lębork często występują laminy drobne. Nazwą tą określam laminy, widoczne bez trudu okiem nieuzbrojonym, o miąższości do około 0,1 cm.

Podane niżej obserwacje dotyczą tzw. serii mułowcowej występującej w ludlowie Lęborka od głębokości około 1720 m do głębokości 3030 m. Według H. Tomczyka (1962a, 1964) odcinek ten obejmuje część warstw mielnickich i siedleckich, stanowiących odpowiednio dolne i górne ogniwo ludlowu na Niżu Polskim. Obecność mułowców w profilu ludlowu Lęborka zaznacza się szczególnie w poziomie *Pristiograptus bohemicus*, a więc w dolnej części warstw siedleckich.

Wykształcenie litologiczne ludlowu z wiercenia Lębork jest bardzo jednostajne. Występują tu przede wszystkim iłowce, którym w obrębie wspomnianej wyżej serii mułowcowej towarzyszą przelawicenia mułowców. Te ostatnie mają najczęściej postać ławiczek cienkich (1÷10 cm) pojawiających się w niewielkich odstępach. Ławice o miąższości od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów spotyka się rzadziej. Niezależnie od miąższości ławice mułowców bardzo często odznaczają się wyraźną, ostrą powierzchnią spągową, zwykle o zarysie nieregularnym, co spowodowane jest przez rozmycia lub (rzadziej) pogrążnięcia. Stropowe powierzchnie ławic mułowców są często mniej wyraźne i czasem obserwować można stopniowe przejście od mułowca do iłowca. Ostry zarys powierzchni spągowych, a zarazem niewyraźne granice stropowe, obserwuje się czasem nawet w tych warstewkach mułowcowych, których znikoma miąższość odpowiada kategorii lamin (tabl. II, fig. 6).

Petrograficzne opracowanie syluru Lęborka wykonała A. Kuźniarowa (1962), która w obrębie iłowców wyróżniła „mikrofację jasną” i „ciemną”. Obie, obok minerałów ilastych (hydromiki z grupy illitu oraz chloryt),

zawierają pył kwarcowy i węglanowy, pigment pirytowy oraz niewielkie ilości minerałów ciężkich. Ćlowce mikrofacji ciemnej mają więcej pirytu, a ponadto występuje w nich substancja bitumiczna.

Mułowce charakteryzują się obfitością muskowitu. Spoiwo ich jest węglanowe lub margliste. Przeciętna średnica ziaren kwarcu waha się od 0,015 do 0,025 mm, pojedyncze ziarna osiągają wielkość 0,1 mm, a wyjątkowo obserwuje się ziarna, których dłuższa oś dochodzi do 0,16 mm.

Drobnoziarnistość materiału mułowcowego sprawia, że zaobserwowanie pionowego uporządkowania frakcji w ławicach i laminach mułowców jest trudne. Czasem zaznacza się ono jednak dość wyraźnie. Z reguły widać wówczas występowanie coraz drobniejszego materiału w miarę zbliżania się do stropu ławicy lub laminy mułowca (tabl. I, fig. 1, tabl. II, fig. 6).

* * *

Kończąc uwagi wstępne składam podziękowanie drowi P. Roniewiczowi i drowi A. Ślącce za ciekawe rady i wskazówki, którymi dopomogli mi w przygotowaniu niniejszej pracy.

Prof. S. Dżułyńskiemu dziękuję za cenne uwagi, którymi podzielił się ze mną po przejrzeniu fotografii okazów pochodzących z łudlowu Lęborka.

MORFOLOGIA

LAMINACJA POZIOMA

Występująca w łudlowie z wiercenia Lębork laminacja pozioma reprezentuje dwie odmiany morfologiczne.

Pierwsza, występująca w ławicach mułowców, wyrażona jest obecnością lamin, których granice są płaskie (tabl. I, fig. 1, 2, 3; tabl. II, fig. 4). Są to przede wszystkim laminy drobne, które najczęściej grupują się w występujące na przemian, cienkie (około 1 cm), poziome pakiety, jasne i ciemne. Pakiety te powiązane są zwykle stopniowymi przejściami (tabl. I, fig. 3). W pakietach jasnych przeważają pod względem miąższości laminy o ziarnie nieco grubszym, a w ciemnych — laminy zawierające materiał drobniejszy z obfitymi domieszkami ilastymi. Obecność pakietów drobnych lamin poziomych zaznacza się szczególnie wyraźnie w ławicach mułowców ilastych. Granice pakietów są tam niekiedy bardzo ostre (tabl. I, fig. 2). Opisywana laminacja pozioma określana będzie dalej jako „płaska”¹.

Dla ustalenia genezy płaskiej laminacji poziomej z łudlowu Lęborka, o czym będzie mowa dalej, ważny jest fakt, że tworzące ją laminy nie są często idealnie równoległe. Miejscami widać wśród nich stopniowe, łagodne wyklinowania (tabl. I, fig. 1) lub nieznacznie skośne ułożenie. Czasem obserwuje się nawet oboczne przejście laminacji poziomej w delikatną laminację przekątną (tabl. II, fig. 4). Niezależnie od tego wśród płaskich pakietów lamin poziomych występują często cienkie, soczewkowate warstewki, laminowane przekątnie. Dotyczy to szczególnie mułowców ilastych (tabl. I, fig. 2, tabl. III, fig. 8).

¹ Zdarza się, że jest ona nieco zaburzona w wyniku zjawisk postdepozycyjnych (pogrzeźnięcia, spękanie, kompakcja itp.).

Drugą odmianą morfologiczną laminacji poziomej w łudlowie Lęborka jest nieregularna laminacja pozioma, która pojawia się w ciemnych iłowcach mułowcowych.

W strukturze tej uczestniczą wyłącznie laminy drobne. W 1 cm profilu liczba ich dochodzi do kilkunastu. Na pozór ciągłe i płaskie, przy bacznej obserwacji wykazują zarys bardzo nieregularny (tabl. II, fig. 5 a, b). Jak wynika ze zdjęć płytek cienkich, z którymi miałem możliwość zapoznać się dzięki archiwalnemu opracowaniu A. Kuźniarowej (1962), laminacja pozioma nieregularna jest strukturą złożoną. Nieregularność lamin jasnych spowodowana jest obecnością cienkich pasemek substancji bitumicznej, które nie tworzą ciągłych, poziomych warstewek, lecz występują pojedynczo. Dzięki temu laminy jasne obserwowane w przekroju poprzecznym mają często postać wielu drobnych (np. $1 \times 0,1$ mm) soczewek mułowcowych, poprzedzielanych ciemnymi pasemkami substancji bitumicznej.

LAMINACJA PRZEKĄTNA

Laminacja przekątna obserwowana w łudlowie Lęborka (tabl. I, fig. 3) odpowiada warstwowaniu określoneemu przez E. D. Mc Kee i G. W. Weir'a (1953) nazwą „*trough cross — stratification*“. Laminy przekątne występują w nakładających się na siebie pakietach soczewkowatych. Dolne granice tych pakietów są wygięte do spągu.

Mięszość soczewkowatych pakietów lamin przekątnych rzadko przekracza 3–4 cm. Laminację przekątną obserwuje się również w tkwiących pojedynczo w iłowcach soczewkowatych warstewkach mułowcowych o miąższościach niewiele większych, a często mniejszych od 1 cm (tabl. II, fig. 6, 7; tabl. III, fig. 9).

Dość często soczewkowaty zarys pakietów lamin przekątnych występujących w ławicach mułowców podkreślony jest przedzielającymi te pakiety, ciemnymi laminami, ilastymi. Odnaczają się one charakterystycznym, falistym zarysem, często też wyklinowują się lub rozwidlają (tabl. III, fig. 8). Warstwowanie tego rodzaju określane jest przez geologów niemieckich jako „*Flaserschichtung*“ (H. E. Reineck, 1960).

LAMINACJA KONWOLUTNA

Laminacja konwolutna z łudlowu wiercenia Lębork szczególnie wyraziście zaznacza się w ławicach mułowcowych o miąższości rzędu kilkunastu lub kilkudziesięciu centymetrów. Laminację tę obserwowałem jednak również w znacznie cieńszych ławiczkach (tabl. III, fig. 10). W wykształceniu typowym, obserwowana na powierzchniach bocznych rdzeni wiertniczych, ma ona postać struktury fałdowej o wąskich „antyklinach“ i szerszych „synklinach“. Mimo intensywnego zaburzenia laminy nie są porozrywane. W przystopowych partiach ławic mułowców amplituda zaburzeń maleje i stopniowo wygasa. Wąskie antykliny dość często pochylone są, szczególnie w swej górnej partii, w jednym uprzywilejowanym kierunku. Zdarza się wówczas, że ich dziobowato zagięte szczyty, w przecięciu z powierzchnią rdzenia prostopadłą do wspomnianego kierunku tworzą charakterystyczne, laminowane współśrodkowo „buły“ konwolutne.

WSPÓLZALEŻNOŚĆ LAMINACJI POZIOMEJ, PRZEKĄTNEJ I KONWOLUTNEJ

Wzajemny stosunek opisanych wyżej odmian laminacji ma istotne znaczenie dla zrozumienia ich genezy. Z tego względu sprawa ta zasługuje na uwagę.

Płaska laminacja pozioma występuje w ławicach mułowców bądź to samodzielnie, bądź też łącznie z innymi odmianami laminacji (ławice o budowie złożonej). Ławice mułowców lub mułowców ilastych złożone z lamin płaskich odznaczają się zwykle gładkimi powierzchniami stropu i spągu, choć te ostatnie wykazują czasem obecność niewielkich pogrążnień (tabl. I, fig. 1). Miąższość opisywanych ławic wynosi najczęściej kilka centymetrów.

Najpospolitszym typem ławic złożonych, tj. takich, w których obserwuje się co najmniej dwa różne rodzaje warstwowania, są ławice, w których laminacja przekątna występuje w części przyspągowej, poprzedzając płaską laminację poziomą. Niektóre ławice mułowców odznaczają się jednak bardziej skomplikowaną strukturą, w której ponad odcinkiem laminowanym przekątnie, a następnie płasko pojawia się ponownie odcinek z laminacją przekątną i płaską (tabl. I, fig. 3). Oba odcinki dzieli nierówna, wyraźnie erozyjna granica. W stropie złożonych ławic często widoczne jest stopniowe przejście mułowca w iłowiec, natomiast powierzchnie spągowe są z reguły bardzo wyraźne i nierówne. Obserwuje się na nich odlewy jamek wirowych i licznych śladów przedmiotów² o niewielkich rozmiarach.

Podobny charakter mają powierzchnie spągowe ławic laminowanych wyłącznie przekątnie. Miąższość ich bywa bardzo różna i waha się od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Jak już wspomniano wyżej, laminacja przekątna występuje również w cienkich, najczęściej soczewkowatych warstewkach mułowcowych, towarzyszących płaskiej laminacji poziomej w ławicach mułowców ilastych. Bardzo często cienkie soczewki mułowcowe tkwią samodzielnie w iłowcach (tabl. III, fig. 6).

Nieregularna laminacja pozioma pojawia się w niektórych ilastych odcinkach profilu ludlowu Lęborka, przedzielających ławice mułowców. Odcinki te mają różną miąższość: od kilku centymetrów do kilku metrów. Stopniowe przejście ławic mułowcowych w iłowce o nieregularnej laminacji poziomej obserwuje się rzadko.

Laminacja konwolutna występuje niekiedy samodzielnie stanowiąc jedyną strukturę wewnętrzną ławic mułowcowych. Najczęściej spotyka się laminację konwolutną w ławicach złożonych, gdzie widać wyraźne przejścia od laminacji przekątnej do konwolutnej. Konwolutne „antykliny“ rozwijają się wówczas na grzbietach soczewkowatych pakietów lamin przekątnych (tabl. III, fig. 10, 11).

GENEZA

Laminacja pozioma, jeśli pominąć struktury pochodzenia organicznego lub związane z sedymentacją chemiczną, może powstać w wyniku

² Nazwy hieroglifów prądowych podaje zgodnie z propozycjami S. Dżułyńskiego (1963).

prądowego przenoszenia materiału w trakcji dennej lub jako rezultat powolnego opadania zawiesiny.

W transporcie osadu przez prąd działający trakcyjnie wyróżnia się kolejne fazy określone prędkością prądu. Wielkość prędkości granicznych, przy których następują przejścia między poszczególnymi fazami, zależy od gruboziarnistości niesionego materiału, ilości domieszek ilastych itp. Kolejność faz transportu w trakcji dennej przedstawia się następująco (G. K. Gilbert, 1914, *vide* S. Dżułyński, 1963).

Gdy prędkość prądu jest niewielka, osad przemieszcza się jako gładka ruchliwa warstwa sunąca po dnie. Jest to „pierwsza faza gładka“. Przy bardzo małej prędkości prądu ruch osadu ogranicza się do przenoszenia pojedynczych ziaren. W miarę wzrostu prędkości następuje przejście do następnej fazy, w której materiał wędruje po dnie w postaci przesuujących się riplemarków. Dalszy wzrost prędkości powoduje ponowne pojawienie się gładkiej, ruchliwej warstwy osadu, przesuwałej się zgodnie z kierunkiem prądu. Jest to „druga faza gładka“. W ostatniej fazie, której towarzyszy jeszcze większa prędkość prądu, materiał klastyczny tworzy tzw. antydiuny. Na powierzchni poruszającego się z prądem osadu powstają wówczas garby wędrujące wstecz, a więc pod prąd.

W fazach „gładkich“ powstaje laminacja pozioma. Taką właśnie genenezę przypisuje występującej w ludlowie Lęborka płaskiej laminacji poziomej. Za ujęciem tym przemawia obecność tzw. smug prądowych³, które w rzadkich przypadkach obserwuje się w ławicach laminowych płasko. Smugi te, charakterystyczne dla trakcji dennej, występują na śródlawicowych powierzchniach oddzielności. Podobną wymowę ma równoległa struktura nagromadzeń graptolitów (K. Jaworowski, 1964), często spotykana w laminowanych płasko mułowcach. O prądowej genezie laminacji płaskiej świadczą również obserwowane niekiedy wyklinowania lamin, ich nieznaczne pochylenie oraz powiązania z laminacją przekątną (por. wyżej).

Opisane poprzednio następstwo poszczególnych typów laminacji w złożonych ławicach mułowców zdaje się wskazywać, że płaską laminacją poziomą z ludlowu Lęborka należy odnieść do „pierwszej fazy gładkiej“ transportu w trakcji dennej. Występując ponad laminacją przekątną, często połączona ciągłym przejściem z nadścielającym ławicę mułowcową łożwem, laminacja płaska oznacza spadek prędkości prądu osadzającego ławicę. Powstała ona w fazie wolniejszej niż ta, w której osad tworzy riplemarki. W tym ujęciu zrozumiałym jest fakt, że ławice laminowane wyłącznie płasko odznaczają się z reguły gładkimi, pozbawionymi śladów silnej erozji powierzchniami spągowymi. W niektórych przypadkach ławice tego rodzaju powstały, być może, w wyniku powolnego opadania zawiesiny.

Genezę tego rodzaju można by przypisać szczególnie laminacji płaskiej występującej w ławicach mułowców ilastych. Za powolnym opadaniem zawiesiny przemawiać może obecność ciągłych, równoległych, a zarazem bardzo drobnych lamin, składających się na charakterystyczne dla tych ławic pakiety lamin płaskich. Z drugiej jednak strony — istnienie rozmyć między niektórymi pakietami (tabl. I, fig. 2) oraz obecność so-

³ W literaturze anglosaskiej „primary current lineation“ (W. L. Stockes, 1947). Nazwa polska według S. Dżułyńskiego (1963).

czewkowatych warstewek laminowanych przekątnie sprawia, że płaską laminację poziomą w ławicach mułowców ilastych także należy wiązać przede wszystkim z powolnym transportem w trakcji dennej.

W wyniku powolnego opadania zawiesiny powstała zapewne nieregularna laminacja pozioma. Obecność pasemek substancji bitumicznej związanych z tym rodzajem laminacji poziomej tłumaczy się opadaniem na dno zbiornika materii roślinnej (fytoplankton, algi itp.).

Laminacja przekątna powstała w szybszej fazie transportu trakcyjnego niż opisywana wyżej płaska laminacja pozioma. Dlatego laminację przekątną obserwuje się w przyspagowych partiach ławic złożonych. Jak już podkreślono, spągowe powierzchnie tych ławic niemal zawsze świadczą o działaniu silnego prądu erodującego ilaste dno. Opisywane wyżej zespoły lamin przekątnych występujące w ławicach mułowców są oczywiście riplemarkami nakładającymi się wzajemnie na zbrocza doprądowe. W przypadku struktur typu „*Flaserschichtung*“ powstanie kolejnych generacji riplemarków przedzielone było okresem powolnej sedymentacji zawiesiny ilastej (H. E. Reineck, 1960).

Wspomniane wielokrotnie wyżej cienkie soczewkowane warstewki laminowane przekątnie, bardzo liczne w ludlowie Lęborka, powstały zapewne w wyniku przenoszenia osadu mułowcowego w postaci riplemarków odosobnionych⁴. Pojawiają się one wówczas, gdy materiału niesionego prądem jest niewiele.

Laminacja konwolutna znana w ludlowie Lęborka jest niewątpliwie laminacją konwolutną prądową⁵. Struktura taka powstaje w wyniku działania prądu płynącego ponad dnem zbudowanym z osadu zdolnego do odkształceń hydroplastycznych. Osadem takim może być zespół poziomych lamin ilastych i mułowcowych, który na zróżnicowany rozkład ciśnień w obrębie prądu reaguje ciągłymi odkształceniami plastycznymi.

Opisana wyżej laminacja konwolutna powiązana z laminacją przekątną powstała w wyniku ssącego oddziaływania prądu na grzbiety riplemarków (Ph. H. Kuenen, 1953, *vide* S. Dżułyński, 1963).

ZAGADNIENIE ŚRODOWISKA SEDYMENTACJI

Jest to sprawa najtrudniejsza ze wszystkich przedstawionych w niniejszej pracy. Żadna z opisanych wyżej odmian laminacji wzięta oddzielnie nie jest wskaźnikiem środowiska sedymentacji. Rzecz w tym, że zasadniczo ten sam mechanizm depozycji, dający zbliżone lub identyczne morfologicznie odmiany laminacji, zaistnieć może w warunkach odmiennych środowisk.

Laminacja pozioma związana z transportem materiału w trakcji dennej lub powolnym opadaniem zawiesiny znana jest w osadach płytkowodnych (L. M. J. U. van Straaten, 1959; E. N. Botwinkina, 1962; J. R. L. Allen, 1963), jak i głębokowodnych, na przykład fliszowych (S. Dżułyński, A. Ślącza, 1959).

⁴ „*Incomplete current ripples*” według R. Shrocka (1948).

⁵ „*Current convolute lamination*” według S. Dżułyńskiego i A. J. Smitha (1963).

Podobnie przedstawia się sprawa z laminacją przekątną, która „... może występować w środowisku wodnym na dowolnej głębokości pod warunkiem, że są tam prądy zdolne do przemieszczenia osadu dennego“ (Ph. H. Kuennen, J. E. Sanders, 1956).

Laminacja konwolutna nie stanowi wyjątku wśród opisywanych tu struktur. Ten rodzaj warstwowania również znany jest w osadach płytko- i głębokowodnych (S. Dżułyński, A. J. Smith, 1963).

Występujące w łudłowiu Lęborka odmiany laminacji poziomej i przekątnej są bardzo podobne do warstwowań znanych z osadów współczesnych stref pływów (*vide* W. Häntzschel, 1936; L. M. J. U. van Straaten, 1959; H. E. Reineck, 1960; L. N. Botwinkina, 1962; S. E. Calvert, J. J. Evers, 1962). Laminacja o charakterze konwolutnej występuje także w osadach tego rodzaju (S. Dżułyński, A. J. Smith, 1963).

W krótkiej publikacji (K. Jaworowski, 1965), opartej na wstępnym przejrzaniu profilu łudłowiu Lęborka, wyraziłem przypuszczenie, że sylurska seria mułowcowa Polski północnej powstała w strefie pływów. Do kładne zapoznanie się z tą serią prowadzi jednak do wniosku, że brak w niej wskaźników zdecydowanie płytkowodnego środowiska sedymentacji. Nie występują tu żadne przejawy wynurzeń w postaci szczelin powstałych z wysychania, śladów kropel deszczu itp. Brak także na dużą skalę warstwowania przekątnego, w którym warstwy skośne w całości wypełniają ławicę materiału grubszego. Nie obserwuje się nagromadzeń płytkowodnej fauny muszlowej, ani zmarszczek falowych. Z powyższych powodów należy przyjąć, że seria mułowcowa łudłowiu Lęborka powstała w środowisku bardziej głębokowodnym niż strefa pływów, zapewne poniżej podstawy falowania. Trudno jednak ustalić jak dalece poniżej tej podstawy.

Mechanizm powstawania ławic mułowcowych z łudłowiu Lęborka najlepiej objaśnić działaniem prądów zawiesinowych. Ujęcie to także zmniejsza prawdopodobieństwo interpretacji postulującej zdecydowaną płytkowodność opisywanych tu osadów, choć samo przez się niczego w tej mierze nie przesądza. Mułowce łudłowiu Lęborka z sedymentacją prądów zawiesinowych wiązała już A. Kuźniarowa (1962), nie uzasadniając jednak bliżej swego poglądu.

Pionowa gradacja materiału, wyrażona zmniejszaniem się frakcji w kierunku stropu ławic mułowców, oraz opisana wyżej sukcesja występujących w mułowcach typów laminacji świadczą, że ławice te reprezentują gwałtowne, szybko słabnące wydarzenia depozycyjne, przerywające długotrwałą i powolną sedymentację ilastą. Świadczy o tym również obecność ostrych, pokrytych hieroglifami prądowymi powierzchni spagowych w ławicach mułowców, które w stropie często wykazują stopniowe przejście w łożce. Wszystko to przemawia na rzecz poglądu, że ławice mułowców z łudłowiu Lęborka zostały złożone przez prądy zawiesinowe. W znacznej mierze teza ta dotyczy również osadów ilastych. Jak wiadomo, gromadzenie się ich może być wynikiem działania powolnych, rozcięzionych prądów zawiesinowych, stanowiących kontynuację prądów osadzających ławice mułowców lub związanych z nimi tylko pośrednio (A. Radomski, 1960; A. Ślęczka, 1963).

Płaska laminacja pozioma jest zjawiskiem bardzo częstym w osadach prądów zawiesinowych, które zależnie od gęstości rozprzestrzeniają się

po dnie, działając trakcyjnie (Ph. H. Kuenen, 1953), albo wędrują ponad nim w postaci powolnie opadających „chmur“ zawiesiny (M. Książkiewicz, 1954; S. Dżułyński i A. Radomski, 1955). Nieregularna laminacja pozioma z ludlowu Lęborka jest bardzo podobna do tej, jaka występuje w niektórych ilastych osadach graptolitowych w sylurze Anglii. Powstanie tych osadów tłumaczone jest również działaniem bardzo powolnych, rozcieńczonych prądów zawieszinowych (R. B. Rickards, 1964).

Laminacja przekątna i konwolutna, podobnie jak laminacja płaska, są strukturami bardzo pospolitymi w osadach prądów zwieszinowych (Ph. H. Kuenen, 1953; S. Dżułyński, A. Ślaczka, 1959).

Jak wskazano poprzednio, w serii mułowcowej ludlowu Lęborka brak struktur świadczących o środowisku zdecydowanie płytkowodnym. Tym niemniej mogła ona powstać na niewielkich głębokościach, bezpośrednio poniżej podstawy falowania. Warto dodać, że seria ta wykazuje szereg cech charakterystycznych dla osadów deltowych (*vide* L. M. J. U. van Straaten, 1959), co pozostaje w zgodzie z wyżej wyrażonym przypuszczeniem.

Za głębokonerytycznym i batialnym środowiskiem sedymentacji ludlowu Lęborka opowiedział się H. Tomczyk (1963), nie omawiając szerzej swego stanowiska. Sądzę, że w tym przypadku opisywaną tu serię mułowcową można by porównać do tzw. laminitu, wyróżnianego w osadach fliszowych przez A. Lombarda (1963).

Autor ten we wspomnianych osadach wydziela dwa zasadnicze ogniwa: turbidit (*turbidite*) oraz laminit (*laminite*). Są to ogniwa krańcowe, połączone szeregiem pośrednich. Turbidit — to osad gruboziarnisty, przeniesiony wyłącznie za sprawą grawitacji szybkim ruchem masowym. Laminit — to osad drobniejszy, transportowany nie tylko grawitacyjnie, ale także za pośrednictwem ruchu wód zbiornika. Materiał laminitu tworzy „chmurę“ zawiesiny osadzoną później niż turbidit, bezpośrednio na nim, u jego czoła i wokół niego.

Mułowcowe osady ludlowu Lęborka, złożone przez prądy zawieszinowe, powstały zapewne w tej części zbiornika, do której docierała jedynie laminitowa aureola turbiditów. Można by również przypuszczać, że materiał dostarczany do zbiornika sedymentacji był tak drobny, a bodźce wyzwalające prądy zawieszinowe tak słabe, że osadzały się wyłącznie laminity. Seria mułowcowa ludlowu Lęborka jest rzeczywiście podobna do laminitu — szczególnie do opisanego przez A. Lombarda (1963) laminitu z fliszu synkliny Cenise (Alpy Sabaudzkie).

Sprawa pochodzenia sylurskich osadów Lęborka nie jest ostatecznie wyjaśniona. Przyjmując stosunkowo płytkowodne, deltowe środowisko sedymentacji tych osadów, można by sądzić, że reprezentują one sylurską paraliageosynklinę w sensie M. Kay'a (1951). Ich źródeł należałoby wówczas szukać na platformie wschodnioeuropejskiej.

Wobec niewielkiej ilości danych wiertniczych równie prawdopodobne jest przypuszczenie, że źródłem tych osadów były Kaledonidy dźwigające się poza platformą, wzduż jej krawędzi. Zgodnie z ostatnimi poglądami (J. Znosko, 1962; W. Pożaryski, 1964) obecność Kaledonidów w podłożu Pomorza Zachodniego można uważać za realną. Trudno byłoby jednak rozstrzygnąć, czy osady ludlowu Polski północnej dostarczane były dzięki

niszczeniu Kaledonidów Pomorza Zachodniego (J. Znosko, 1962; H. Tomczyk, 1962b), czy też Kaledonidów znajdujących się obecnie w podłożu wysp duńskich (M. Lindström, 1960; W. Pożaryski, 1964). W pierwszym przypadku miałyby miejsce poprzeczne, a w drugim — podłużne wypełnianie bruzdy sedimentacyjnej, ciągnącej się w brzeżnej części platformy prekambryjskiej.

Zakład Geologii Niżu
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 1 sierpnia 1965 r.

PIŚMIENNICTWO

- ALLEN J. R. L. (1963) — Primary current lineation in the Lower Old Red Sandstone (Devonian) Anglo-Welsh Basin. *Sedimentology*, 3, p. 89—108, nr 2. Amsterdam.
- CALVERT S. E., VEEVERS J. J. (1962) — Minor structures of unconsolidated marine sediments, revealed by X-radiography. *Sedimentology*, 1, p. 287—295, nr 4. Amsterdam.
- DZUŁYŃSKI S. (1963) — Wskaźniki kierunkowe transportu w osadach fliszowych. *Studia geol. pol.*, 12. Warszawa.
- DZUŁYŃSKI S., RADOMSKI A. (1955) — Pochodzenie śladów wleczenia na tle teorii prądów zawieszinowych. *Acta geol. pol.*, 5, p. 47—66, nr 1. Warszawa.
- DZUŁYŃSKI S., SMITH A. J. (1963) — Convolute lamination, its origin, preservation and directional significance. *J. Sedim. Petrol.* 33, p. 616—627, nr 3. Menasha.
- DZUŁYŃSKI S., ŚLĄCZKA A. (1959) — Directional structures and sedimentation of the Krosno beds. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 28, p. 215—260, nr 3. Kraków.
- HÄNTZSCHIEL W. (1936) — Die Schichtung — Formen rezenter — Flachmeer — Ablagerungen im Jade — Gebiet. *Senckenbergiana*, 18, p. 316—356, nr 5—6. Frankfurt a. M.
- JAWOROWSKI K. (1964) — Struktury nagromadzeń graptolitów na powierzchniach warstwowania. *Kwart. geol.*, 8, p. 91—101, nr 1. Warszawa.
- JAWOROWSKI K. (1965) — Kierunek transportu sylurskiej serii mułowcowej w północnej Polsce. *Prz. geol.*, 13, p. 63—65, nr 2. Warszawa.
- KAY M. (1951) — North American Geosynclines. *Geol. Soc. Amer. Memoir*, 48. Washington.
- KSIĄŻKIEWICZ M. (1954) — Uwarstwienie frakcjonalne i laminowane we fliszu karpackim. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 22, p. 399—450, nr 4. Kraków.
- KUENEN Ph. H. (1950) — *Marine Geology*. New York — London.
- KUENEN Ph. H. (1953) — Significant features of graded bedding. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 37, p. 1044—1066, nr 6. Tulsa.

- KUENEN Ph. H., SANDERS J. E. (1956) — Sedimentation phenomena in Kulm and Flozleeres Graywackes, Sauerland and Oberharz, Germany. Amer. Journ. Sci., 254, p. 649—671, nr 11. New Haven, Conn.
- KUŹNIAROWA A. (1962) — Petrografia ordowiku i syluru w wiercieniu Lębork. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- LINDSTRÖM M. (1960) — On some sedimentary and tectonic structures in the Ludlovian Colonius shale of Scania. Geol. För. Förh., 82, p. 319—341 nr 90. Stockholm.
- LOMBARD A. (1963) — Laminites: a structure of flysch — type sediments. Journ. Sed. Petr., 33, p. 14—22, nr 1. Menasha.
- MC KEE E. D., WEIR G. W. (1953) — Terminology for stratification and cross — stratification in sedimentary rocks. Bull. Geol. Soc. Amer., 64, p. 361—390, nr 4. Baltimore.
- POŻARYSKI W. (1964) — Zarys tektoniki paleozoiku i mezozoiku Nizy Polskiego. Kwart. geol., 8, p. 1—141, nr 1. Warszawa.
- RADOMSKI A. (1960) — Remarks on Sedimentation of Shales in Flysch Deposits. Bull. Acad. Polon. Sci., serie sci. geol. geogr., 8, p. 123—129, nr 2. Varsovie.
- REINECK H. E. (1960) — Über Zeitlücken in Rezenten Flachsee Sedimenten. Geol. Rundschau, 49, p. 149—161, nr 1. Stuttgart.
- RICKARDS R. B. (1964) — The Graptolitic Mudstone and Associated Facies in Silurian Strata of the Howgill Fells. Geol. Magazine, 101, p. 435—451, nr 5. Hertford.
- SHROCK R. R. (1948) — Sequence in layered rocks. New York — Toronto — London.
- STOCKES W. L. (1947) — Primary lineation in fluvial sandstones. A criterion of current direction. Journ. Geol., 55, p. 52—54, nr 1. Chicago.
- STRAATEN L. M. J. U. VAN (1959) — Minor structures of some recent littoral and neritic sediments. Geol. en Mijnbouw, 21, p. 197—216, nr 7. Gravenhage.
- ŚLĄCZKA A. (1963) — Spostrzeżenia nad sedymentacją warstw hieroglifowych i pstrych łupków w SE części jednostki dukielskiej (polskie Karpaty Wschodnie). Roczn. Pol. Tow. Geol., 23, p. 93—110, nr 1. Kraków.
- TOMCZYK H. (1962a) — Problemy stratygrafii ordowiku i syluru w Polsce w świetle ostatnich badań. Pr. Inst. Geol., 35. Warszawa.
- TOMCZYK H. (1962b) — Uwagi o sedymentacji warstw wydrysowskich w regionie łysogórskim i warstw siedleckich w otworze Lębork. Prz. geol., 10, p. 407—410, nr 8. Warszawa.
- TOMCZYK H. (1963) — Główne problemy stratygrafii i paleogeografii ordowiku i syluru zachodniego obrzeżenia platformy prekambryjskiej Europy Wschodniej. Pr. Inst. Geol., 30, p. 161—179. cz. 4. Warszawa.
- TOMCZYK H. (1964) — Stratygrafia syluru w północno-wschodniej Polsce. Kwart. geol., 8, p. 506—523, nr 3. Warszawa.
- ZNOSKO J. (1962) — Obecny stan znajomości budowy geologicznej głębokiego podłoża pozakarpackiej Polski. Kwart. geol., 6, p. 465—511, nr 3. Warszawa.
- БОТВИНКИНА Л. Н. (1962) — Слоистость осадочных пород. Изд. АН СССР, Тр. Геол. Инст., 59, Москва.

Кшиштоф ЯВОРОВСКИ

**ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ, КОСАЯ И КОНВОЛЮТНАЯ ТОНКАЯ СЛОИСТОСТЬ
В ЛУДЛОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ИЗ БУРОВОЙ СКВАЖИНЫ ЛЕМБОРК
(ВОСТОЧНОЕ ПОМОРЬЕ)**

Резюме

В работе рассматривается горизонтальная, косая и конволютная тонкая слоистость, проявляющаяся в лудловской „алевролитовой серии“, вскрытой буровой скважиной Лемборк на глубине около 1720—3030 м. Ни одна из этих структур сама по себе не позволяет точно определить среду осадкообразования. Лудловские отложения района Лемборка сходны с осадками приливно-отливной зоны. Тем не менее, отсутствуют в них бесспорные показатели мелководья. Рассматриваемая „алевролитовая серия“ образовалась ниже базиса волнения. Лудловские отложения района Лемборка обладают чертами характерными для осадков зоны суспензионных течений. Не исключено, что „алевролитовая серия“ сформировалась в дельтовой среде и представлена отложениями силурийской паралигеосинклинали (согласно номенклатуре М. Кей, 1951). Областью питания для этих отложений была бы в таком случае Восточно-Европейская платформа. Однако, с другой стороны лудловские отложения района Лемборка можно считать периферической частью серий осажденных суспензионными течениями (ламинит по А. Ломбарду, 1963), несущими материал из каледонидов возвышающихся вдоль борта платформы. Однако, ввиду небольшого количества буровых данных трудно определить заполнялся ли силурийский седиментационный бассейн в поперечном или продольном направлениях, т.е. материал поступал из каледонидов Западного Поморья или Дании.

Krzysztof JAWOROWSKI

**HORIZONTAL, CROSS AND CONVOLUTE LAMINATIONS IN THE LUDLOVIAN
PIERCED BY THE BORE HOLE LĘBORK
(EAST POMERANIA)**

Summary

The purpose of this paper is to describe horizontal, cross and convolute laminations occurring in the Ludlovian „Siltstone Series“ pierced by the Lębork bore hole at a depth of about 1720—3030 metres. None of these structures are in themselves indicative of sedimentary environment. Ludlovian deposits encountered in the Lębork bore hole are similar to those formed on tidal flats. However, no undoubtful evidence exists of their shallow water origin. The „Siltstone Series“ considered was formed below wave base. The Ludlovian deposits from the area under discussion show features characteristic of turbidity current deposits. It is not out of question that the „Siltstone Series“ was formed on a submarine delta and now represents the deposits of Silurian paraliageosyncline (sensu M. Kay,

1951). If that was the case the East European platform would be the main source of the sediments. On the other hand, the Ludlovian "Siltstone Series" found by the bore hole Leńbork may be considered as a distal part of turbidity current deposits (laminite-sensu A. Lombard, 1963), which probably derived from the Caledonides folded along the margin of the East European platform. Due to the scarcity of data so far obtained by means of deep drillings it would be difficult to find whether siltstone material was brought from Caledonides of West Pomerania, or Denmark, i.e. whether the Silurian basin was being filled transversally or longitudinally.

TABLICA I

Fig. 1. Płaska laminacja pozioma. Widoczne łagodne wyklinowania i nieznaczne pochylenie niektórych lamin. W dolnej części ławicy mułowca występuje materiał nieco grubszy. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2180 m.

Flat horizontal lamination. Note gentle wedging-out and slight inclination of some laminae. In the lower part of the siltstone bed there occurs somewhat coarser material. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2180 m.

Fig. 2. Płaska laminacja pozioma w mułowcu ilastym. Widoczna warstewka soczewkowata laminowana przekątnie. W części stropowej delikatne rozmycie. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2087 m.

Flat horizontal lamination in muddy siltstone. Note thin lenticular cross-laminated bed. In the top part minute wash-out is visible. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2087 m.

Fig. 3. Złożona ławica mułowca. W partii przyspagowej występuje laminacja przekątna, następnie płaska pozioma, a ponad rozmyciem, widocznym w środkowej części ławicy, ponownie pojawia się laminacja przekątna, i płaska pozioma przechodząca stopniowo w ilowiec. Krzyżowy układ lamin przekątnych wskazuje, że zdjęcie wykonano w płaszczyźnie niemal prostopadłej do kierunku prądu. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 1988,2 m.

Siltstone bed composed of two units separated by erosional surface. Each unit shows cross lamination followed by flat horizontal lamination. The upper interval of the horizontal lamination gradually passes into claystone. Criss-cross arrangement of the laminae shows that the picture has been taken nearly at a right angle to the flow direction. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 1988,2 m.

Podziałka w milimetrach

Scale marked in millimetres

Fig. 3

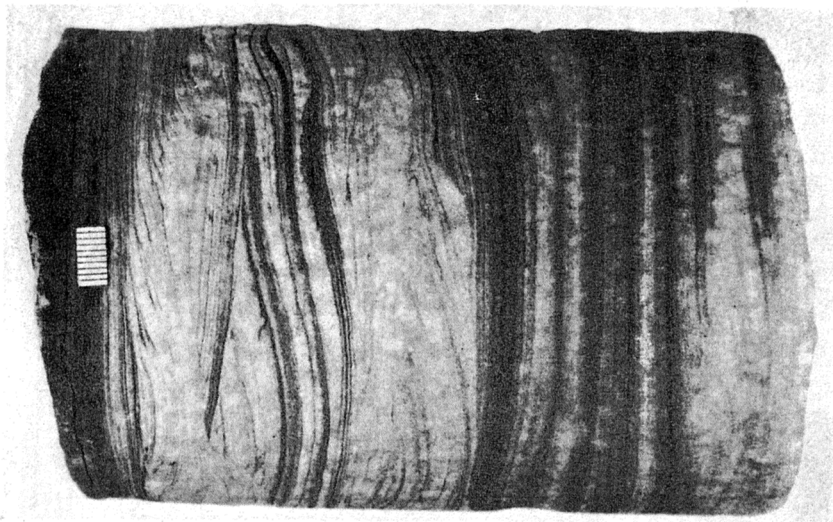


Fig. 1

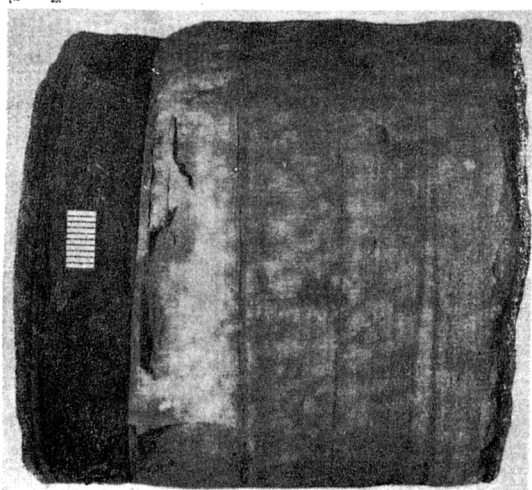
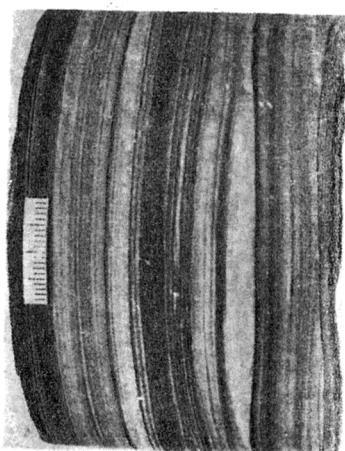


Fig. 2



TABLICA II

Fig. 4. Płaska laminacja pozioma. Widoczne poziome przejście laminacji płaskiej w przekątną. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2478,2 m.

Flat horizontal lamination. Note lateral transition of flat lamination into cross lamination. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2478,2 m.

Fig. 5a. Nieregularna laminacja pozioma. Rdzeń wiertniczy w części górnej wytrawiony kwasem solnym. Wiercenie Lębork, głębokość 1957,5 m.

Irregular horizontal lamination. Drill core etched in its upper part by hydrochloric acid. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 1957,5 m.

Fig. 5b. Fragment okazu przedstawionego na Fig. 2a

Fragment of the specimen presented on Fig. 2a

Fig. 6. Cienkie warstewki mułowcowe laminowane przekątnie. Ich granice spagowe są ostre, natomiast granice stropowe są mniej wyraźne. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2547 m.

Thin cross-laminated siltstone beds. Their bottom surfaces are sharply marked, the top ones being less distinctly expressed. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2547,0 m.

Fig. 7. Soczewkowate warstewki mułowcowe laminowane przekątnie. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2901,5 m.

Thin cross-laminated siltstone lenses. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2901,5 m.

Podziałka w milimetrach

Scale in millimetres



Fig. 4

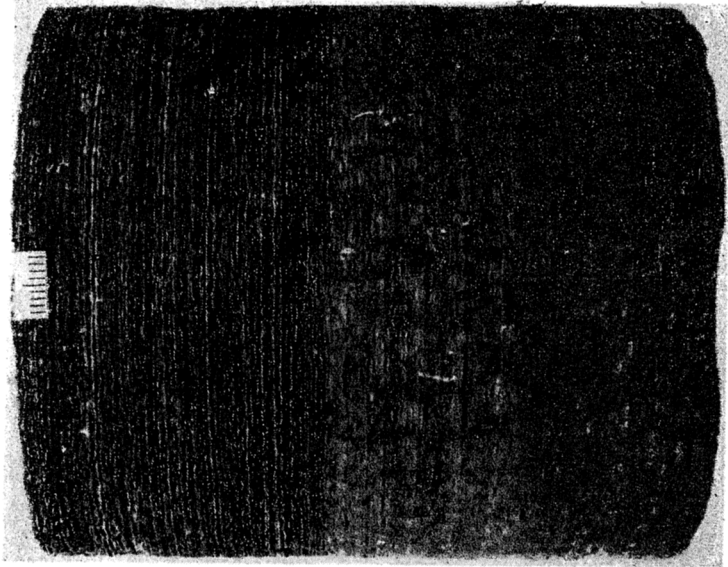


Fig. 5a



Fig. 5b

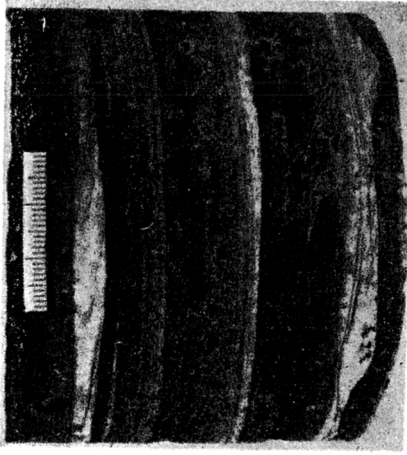


Fig. 6



Fig. 7

TABLICA III

Fig. 8. Płaska laminacja pozioma oraz laminacja przekątna typu „Flaserschichtung” sensu H. E. Reineck (1960). Wśród lamin płaskich występują cienkie soczewki mułowców laminowane przekątnie. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 3023,5 m.

Flat horizontal lamination and cross lamination of „Flaserschichtung” type sensu H. E. Reineck (1960). Flat laminae are intercalated by thin cross-laminated siltstone lenses. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 3023,5 m.

Fig. 9. Soczewkowate warstewki mułowców laminowane przekątnie. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2848,2 m.

Lenticular cross-laminated siltstone beds. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2848,2 m.

Fig. 10. Laminacja konwolutna. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2254,2 m.

Convolute lamination. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2254,2 m.

Fig. 11. Laminacja przekątna przechodząca w konwolutną. Rdzeń wiertniczy, wiercenie Lębork, głębokość 2592,6 m.

Cross lamination passing into convolute one. Bore hole Lębork, drill core from a depth of 2592,6 m.

Podziałka w milimetrach

Scale in millimetres

Fotografie wykonano w Pracowni Fotograficznej IG
Photographs have been taken in the Photographic Laboratory of the Geological Institute,
Warsaw

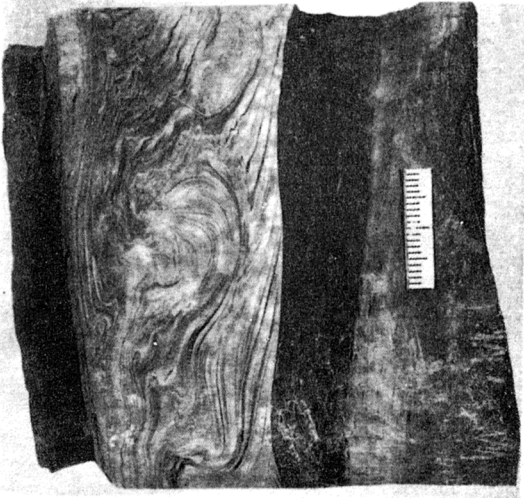


Fig. 10

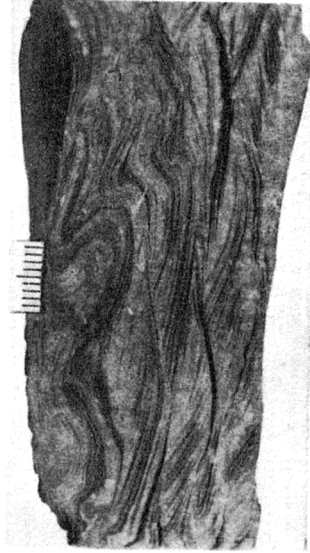


Fig. 11

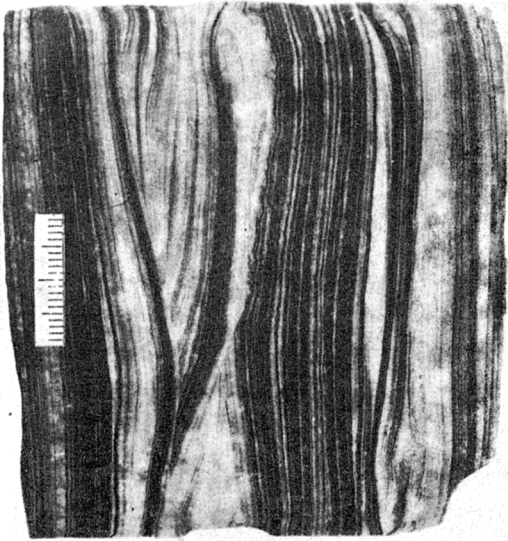


Fig. 8



Fig. 9