

Krzysztof JAWOROWSKI

Mieszane zespoły hieroglifowe ze śladami rozmywania wcześniejszymi od śladów przedmiotów¹

WSTĘP

Wśród mieszanych zespołów hieroglifów prądowych („*mixed assemblages of bottom marks*“ — S. Dżułyński, J. E. Sanders, 1962) spotyka się trzy odmiany. Pierwsza charakteryzuje się obecnością jednocześnie powstałych śladów² rozmywania i śladów przedmiotów³, w drugiej ślady przedmiotów poprzedzają ślady rozmywania, a w trzeciej odwrotnie — ślady rozmywania są wcześniejsze. Ta ostatnia odmiana mieszanych zespołów hieroglifowych stanowi temat przedstawionych niżej rozważań. Oparto je na obserwacjach poczynionych na materiale pochodzącym z klastycznych osadów syluru w podłożu północnej Polski (otwór wiertniczy Lębork). Osady te reprezentowane są przez mułowce, które tworzą cienkie, najczęściej kilkunantymetrowe ławice, tkwiące w ciemnych łupkach. Ławice mułowców w sylurze z otworu wiertniczego Lębork występują licznie od głębokości około 1720 do 3030 m. Cienkie warstewki mułowcowe spotyka się ponadto już na głębokości 1650 m i jeszcze na głębokości 3080 m. Należy dodać, że zgodnie ze stratygrafią syluru w północnej Polsce podaną przez H. Tomczyka (1964) opisywane mułowce występują w ludlowie.

Powstanie ławic mułowców ludlowu nawierconych w Lęborku wyjaśniono działaniem prądów zawieszinowych (K. Jaworowski, 1966). Za takim ujęciem przemawia niewątpliwa, choć niezbyt wyraźna gradacja materiału klastycznego (polegająca na zmniejszaniu się frakcji w kierunku stropu ławic), ostro zarysowane, pokryte hieroglifami prądowymi, powierzchnie spagowe wobec niewyraźnych często granic stropowych oraz pionowe następstwo wewnątrzławicowych struktur sedimentacyj-

¹ Z badań nad sedymentacją syluru w podłożu północnej Polski.

² Polskie nazwy hieroglifów przyjęto według S. Dżułyńskiego (1963).

³ Przez przedmioty należy tu rozumieć wszelkie obiekty (szczątki organiczne, okruchy łupków itp.), które niesione prądem rysowały dno. Omówiono je dokładniej w dalszym ciągu pracy.

nych, świadczące o działaniu gwałtownego, szybko słabnącego czynnika depozycji.

Kończąc uwagi wstępne, dziękuję prof. drowi S. Dżułyńskiemu za przejrzenie maszynopisu niniejszej pracy i cenne, pomocne rady i wskazówki.

GENEZA MIESZANYCH ZESPOŁÓW HIEROGLIFOWYCH

Ślady przedmiotów powstałe wcześniej niż występujące z nimi ślady rozmywania opisywali między innymi: Ph. H. Kuenen, J. E. Sanders (1956), Ph. H. Kuenen (1957) i S. Dżułyński (1963). Zdaniem E. ten Haafa (Ph. H. Kuenen, E. ten Haaf, 1958) czoło prądu zawieszinowego w postaci wachlarzowatych, nakładających się na siebie jezorów zawiesziny przemieszcza na dnie rozmaite przedmioty, powodujące powstanie ich śladów przed nadejściem głównej masy prądu, tworzącej najpierw także ślady przedmiotów, a później dopiero ślady rozmywania. Ma to wynikać z faktu, że powstanie tych ostatnich wymaga nieco czasu. W oparciu o to rozumowanie E. ten Haaf (1959) uznał wcześniejsze powstawanie śladów przedmiotów w mieszanych zespołach hieroglifowych za ogólną prawidłowość.

Opinia ta nie znajduje potwierdzenia w utworach syluru z otworu wiertniczego Lębork, gdzie regułą jest odmienne następstwo hieroglifów prądowych, tzn., że w przypadku występowania śladów rozmywania wraz ze śladami przedmiotów te ostatnie są młodsze (tabl. I, fig. 1, 2; tabl. II, fig. 3, 4; tabl. III, fig. 5, 6). Taka sukcesja hieroglifów prądowych znana jest zresztą powszechnie od dawna z innych obszarów (E. F. McBride, 1962; S. Dżułyński, J. E. Sanders, 1962; S. Dżułyński, 1963).

Ciekawe wyjaśnienie genezy hieroglifów prądowych i ich zespołów mieszanych przedstawili S. Dżułyński i J. E. Sanders (1962). W oparciu o badania G. K. Gilberta z 1914 r. autorzy ci wskazują na istnienie dwóch procesów towarzyszących przepływowi prądu: trakcji i suspensji. Może się zdarzyć, że cały materiał transportowany prądem jest zawieszony w wodzie, tzn. że składowa pionowa wirów występujących w obrębie prądu przewyższa prędkość, przy której cząstki osadu opadłyby na dno. Dzięki temu znajdują się one w zawieszeniu, a poddane działaniu wirów poruszają się bezładnie. Przenoszeniu materiału w suspensji towarzyszy erozyjne oddziaływanie prądu na dno. Ssące działanie wirów turbulentnych powoduje powstanie śladów rozmywania.

W przypadku gdy część materiału niesionego prądem przemieszczana jest trakcyjnie po dnie, cząstki osadu transportowanego w ten sposób wędrują po torach prostoliniowych (obserwacja z góry), równoległych do kierunku prądu. Obecność wielu przedmiotów niesionych trakcyjnie w przydennej części prądu może spowodować powstanie „przesłony trakcyjnej“ („*traction carpet*“). Według R. A. Bagnolda (1956) znajdujące się w niej przedmioty, przenoszone zgodnie z ogólnym kierunkiem prądu, zderzają się wzajemnie. W rezultacie tych niezliczonych zderzeń przydenna przesłona trakcyjna nie przewodzi ruchu wirowego turbulentnej części prądu. W ten sposób dno zostaje odcięte od wpływów turbulentnego ruchu wyższych partii prądu, niosących materiał w suspensji.

Badania G. K. Gilberta i R. A. Bagnolda posłużyły S. Dżułyńskiemu i J. E. Sandersowi za podstawę do wyrażenia poglądu, że ślady przedmiotów świadczą o transporcie trakcyjnym w przydennej części prądu, który wyżej może być silnie turbulentny. W tych warunkach ślady rozmywania i ślady przedmiotów mogą powstać wskutek tego samego prądu i w dowolnej kolejności. Nieobecność śladów rozmywania może być spowodowana powolnym przepływem prądu lub przeciwnie — jego dużą szybkością, w wyniku której powstaje przesłona trakcyjna, uniemożliwiająca wirom erozję. Brak śladów przedmiotów jest również wieloznaczny i może świadczyć o słabym prądzie, silnie rozwiniętej przesłonie trakcyjnej, uniemożliwiającej powstanie jakichkolwiek hieroglifów prądowych lub po prostu o braku odpowiednich przedmiotów, które mogłyby rysować dno. Porównując odstępstwa między śladami przeskoków występującymi obok śladów rozmywania z tymi, którym towarzyszą jedynie inne ślady przedmiotów, S. Dżułyński i J. E. Sanders (1962) dochodzą do wniosku, że ślady rozmywania oznaczają prawdopodobnie wyższe prędkości prądu. Przypuszczenie to znalazło potwierdzenie w niektórych pracach eksperymentalnych (S. Dżułyński, E. K. Walton, 1963). W sztucznie wywołanych w laboratorium prądach zawieszinowych, niosących odpowiednie przedmioty, ślady powstałe w wyniku ich przemieszczenia otrzymano poza strefą największych turbulencji, gdzie tworzyły się tylko ślady rozmywania.

Na szczególne podkreślenie zasługuje stwierdzenie S. Dżułyńskiego i J. E. Sandersa (1962), że ślady rozmywania i ślady przedmiotów mogą się tworzyć jednocześnie. Według tych autorów jednoczesne powstawanie śladów rozmywania i śladów przedmiotów oraz innych odmian mieszanych zespołów hieroglifowych może następować wówczas, gdy materiał niesiony prądem znajduje się zarówno w zawieszinie, jak i w trakcji dennej.

Można sądzić, że zespoły hieroglifowe złożone ze śladów rozmywania i śladów przedmiotów powstałych jednocześnie, świadczą o istnieniu prądu niejednakowo obciążonego niesionym materiałem, nierównomiernie szybkiego lub takiego, który tylko w niektórych miejscach napotkał przedmioty zdolne rysować dno i utworzyć przesłone trakcyjną. W wyniku tych zjawisk powstać mogła „dziurawa“ przesłona trakcyjna, dzięki czemu ten sam prąd miejscami erodował dno, tworząc ślady rozmywania, a miejscami tworzył ślady przedmiotów. Układ „dziur“ w przesłonie trakcyjnej w czasie rozprzestrzeniania się prądu ulegał zapewne nieustannym zmianom. W tym zjawisku również można by upatrywać przyczyn powstania różnych odmian mieszanych zespołów hieroglifowych. Rozważając problem mieszanych zespołów hieroglifowych w utworach ludlowu z otworu wiertniczego Lębork, należy pamiętać, że zawsze ślady rozmywania są w nich wcześniejsze od śladów przedmiotów.

„NIEWSPÓŁMIERNOŚĆ MORFOLOGICZNA”

W mieszanych zespołach hieroglifowych ślady rozmywania i ślady przedmiotów dość często różnią się wyrazistością wykształcenia. Zjawisko tej swoistej „niewspółmierności morfologicznej“ można określić następująco: zdarza się, że na wyraźnych, dobrze wykształconych śladach roz-

mywania obserwuje się bardzo małe i delikatne ślady przedmiotów (tabl. I, fig. 1, 2). Nie oznacza to jednak, że muszą one być mniej liczne. Opisywane zjawisko znane jest również w tych zespołach hieroglifowych, w których ślady przedmiotów poprzedzają ślady rozmywania. Można tu przytoczyć jako przykład niewielkie jamki wirowe, rozwinięte na ściankach dużego zadziora uderzeniowego, obserwowane w warstwach krosnińskich fliszu karpackiego (S. Dżułyński, 1963, tabl. XLIX).

W mieszanych zespołach hieroglifowych w osadach ludlowu Lęborka ślady przedmiotów występujące na śladach rozmywania są zawsze zjawiskiem — z morfologicznego punktu widzenia — jeśli nie równorzędnym, to podrzędniejszym (tabl. I, fig. 1, 2; tabl. II, fig. 3, 4; tabl. III, fig. 5, 6). Okoliczność tę poczytać można za przejaw zwalniania prądu. Gdyby, czego wykluczyć nie można, powstałe później ślady przedmiotów związane były z okresowym wzmożeniem prędkości prądu początkowo wolnego, wówczas na delikatnych śladach rozmywania można by oczekiwać silnie rozwiniętych, dużych śladów przedmiotów. Tego rodzaju zespołu hieroglifów prądowych w utworach ludlowu z otworu wiertniczego Lębork nie zaobserwowałem. Wydaje się zresztą, że duży wzrost prędkości prądu mógłby spowodować powstanie gęstej i ciężkiej przesłony trakcyjnej, która zarysowałaby dno tak dalece, że niewielkie jamki wirowe uległyby zupełnemu zatarciu.

Opisywane zjawisko „niewspółmierności morfologicznej“ śladów rozmywania i śladów przedmiotów jest niewymierne i ocena jego intensywności będzie zawsze subiektywna. Tym niemniej dysproporcja rozmiarów tych dwóch rodzajów hieroglifów prądowych w wielu wypadkach jest bardzo wyraźna, na przykład widoczne na okazie z otworu wiertniczego Lębork z głębokości 2786 m (tabl. I, fig. 2) bardzo drobne zadraśnięcia (ślady odbić) są nieporównywalnie delikatniejsze od wyraźnie rozwiniętych jamek wirowych.

Sumując powyższe należy stwierdzić, że mieszane zespoły hieroglifowe, w których ślady rozmywania są wcześniejsze od śladów przedmiotów, wiążą się ze słabnięciem prądu składającego osad — jeśli nie zawsze, to zapewne w ogromnej większości przypadków. Ślady rozmywania, najczęściej — choć być może nie wyłącznie — powstawały w wyniku działania wirów szybkiego, turbulentnego czoła prądu. Ślady przedmiotów są rezultatem transportu w trakcji dennej, towarzyszącej przede wszystkim wolniejszej, głównej masie prądu zawieszinowego. Opadnięcie przedmiotów stanowiących narzędzia, którymi prąd rysuje dno, jest pierwszym zwiastunem nadchodzącej depozycji.

W przypadku gdy ślady przedmiotów poprzedzają ślady rozmywania, nie można rozumowania tego po prostu odwrócić, utrzymując że takie następstwo hieroglifów prądowych oznacza działanie prądu o wzrastającej prędkości. Gdyby tak było, późniejsze w tym przypadku działanie wirów turbulentnych na zarysowane przedmiotami dno w miarę wzrostu prędkości mogłoby doprowadzić do zupełnego zniszczenia śladów przedmiotów.

Trzeba podkreślić, że główna masa prądu zawieszinowego może się niekiedy odznaczać większą prędkością niż jego czoło. Jest ono wówczas nieustannie „doganiane“ przez masę główną i zasilane niesionym przez nią osadem. Dotyczy to początkowego stadium prądu zawieszinowe-

go, w którym jest on jeszcze „niedojrzały” („*immature current*” — R. G. Walker, 1965). Prądom „niedojrzałym” według wszelkiego prawdopodobieństwa nie towarzyszy trakcja denną, powodująca powstawanie śladów przedmiotów (R. G. Walker, 1965). W tych warunkach nie mogły więc powstać mieszane zespoły hieroglifowe rozpatrywane w niniejszej pracy.

ZESPOŁY HIEROGLIFOWE W SYLURZE Z OTWORU LĘBORK

ŚLADY ROZMYWANIA

Jeśli mieszane zespoły hieroglifowe w utworach syluru Lęborka wykazują „niewspółmierność morfologiczną”, to wyraża się ona zawsze większą wyrazistością śladów rozmywania. Te ostatnie reprezentowane są przez jamki wirowe (tabl. I, fig. 1, 2; tabl. II, fig. 3, 4; tabl. III, fig. 5, 6) wyżłobione działaniem swobodnych, przemieszczających się z prądem wirów. Nie obserwowałem natomiast wymuszonych jamek wirowych, związanych z zatrzymaniem wirów przez trwałe przeszkody (S. Dżułyński, 1963). Nieobecność jamek wymuszonych świadczy o braku przedmiotów zdolnych do spoczynku w czasie przepływu prądów zawieszinowych. Oznacza to, że przedmioty, którymi prądy te rysowały dno, były lekkie.

Jamki wirowe, a ściślej ich odlewy, obserwowane w utworach ludłowu z otworu wiertniczego Lębork mają postać na ogół łagodnych wypukłości, które rozszerzając się wachlarzowato, stopniowo zanikają. Węższe, a zarazem bardziej wydatne krańce jamek wirowych bywają niekiedy lekko podwieszane. Często spotyka się odlewy jamek wydłużone, niezbyt wypukłe, bez wyraźnej asymetrii w przekroju podłużnym, tzn. pozbawione charakterystycznego zgrubienia na jednym z krańców (tabl. II, fig. 3, 4; tabl. III, fig. 5, 6). Poziome rozmiary jamek wirowych występujących w utworach ludłowu Lęborka są niewielkie, ich długość zamyka się w granicach paru centymetrów, szerokość rzadko przekracza 2÷3 cm, a zwykle jest znacznie mniejsza. Największa głębokość jamek sięga paru milimetrów.

Jak wskazano wyżej, jamki wirowe w zespołach hieroglifowych z utworów ludłowu Lęborka stanowią w większości dzieło turbulentnego czoła prądu zawieszinowego. Jamki większe, głębiej wycięte, a zarazem rozszerzające się gwałtownie (tabl. I, fig. 1) świadczą w tym ujęciu o czole silniej turbulentnym i szybszym niż to, które pozostawia za sobą jamki wydłużone, delikatniej zarysowane (tabl. II, fig. 3, 4; tabl. III, fig. 5, 6).

Na specjalną uwagę zasługuje zagadnienie, czy z różnymi jamkami wirowymi, świadczącymi o różnych prędkościach czoł prądów, współwystępują odpowiednio różne ślady przedmiotów. Pozwala to wnikać w kwestię zależności między szybkością czoła a szybkością głównej masy prądu zawieszinowego.

ŚLADY PRZEDMIOTÓW

Zjawiskiem, które rzuca się w oczy przy przeglądaniu rdzeni z otworu wiertniczego Lębork, jest powszechna delikatność śladów przedmiotów. Występują tu zarówno ślady ciągłe, jak i nieciągłe; te pierwsze ma-

ją postać śladów wleczenia wykształconych jako bardzo cienkie grzbieciki ciągnące się przez całą szerokość rdzenia, a niekiedy krótsze. Z uwagi na niewielką szerokość tych hieroglifów w utworach ludlowu z otworu Lębork już kilkucentymetrowe rysy poczytać tu można za ślady ciągłe (tabl. III, fig. 6). Grubsze ślady wleczenia odznaczają się typowym dla nich, niezwykle drobnym rowkowaniem (S. Dżułyński, A. Radomski, 1955). Ciągnie się ono wzdłuż całej ich długości (tabl. III, fig. 5). We wszystkich przypadkach mieszanych zespołów hieroglifowych w ludlowie Lęborka szerokość tych śladów waha się w granicach 0,2–2 mm. Często zdarza się, że na tej samej powierzchni spągowej w mieszanym zespole hieroglifowym występują ślady wleczenia o różnej szerokości — zawsze jednak zawarte w podanych wyżej granicach. Ta znaczna jednolitość szerokości śladów wleczenia, obserwowana w spągu różnych ławic najprościej tłumaczy się podobieństwem przedmiotów stanowiących narzędzia, które ślady te wyrysowały.

Podobnie przedstawia się sprawa z nieciągłymi śladami przedmiotów, zwłaszcza zadziory uderzeniowe odznaczają się niemal identycznymi rozmiarami we wszystkich mieszanych zespołach hieroglifowych. Szerokość i długość zadziorów w utworach ludlowu Lęborka wynoszą zawsze zaledwie parę milimetrów. Hieroglify te często stanowią zakończenie cienkich rys wleczeniowych. Zdarza się to przede wszystkim w przypadku licznych, niewielkich zadziorów, odznaczających się dość szczególnym ułożeniem. Występują one bardzo blisko siebie, są idealnie równoległe, a ich strome, doprądowe ścianki uszeregowane są wzdłuż jednej linii (tabl. III, fig. 5). Zadziory tego rodzaju z pewnością powstały w wyniku jednorazowego uderzenia tego samego przedmiotu. Fakt, że po stronie doprądowej wybiegają z nich cienkie rysy, świadczy o tym, że krótkotrwałe zagłębienie się przedmiotu w dno poprzedzone było wleczeniem. Podobnie tłumaczyć można powstanie pojedynczych zadziorów, których kraniec odprądowy bywa lekko zaokrąglony, sopłowaty, a które w kierunku doprądowym przechodzą stopniowo w krótki zazwyczaj ślad wleczenia (tabl. III, fig. 5). Nieporównanie rzadziej spotyka się zadziory, z których ślad wleczenia wybiega w kierunku odprądowym (tabl. III, fig. 6). Świadczą one o wywleczeniu przedmiotu zarytego w dno.

Innym rodzajem nieciągłych śladów przedmiotów występujących w osadach ludlowu z Lęborka są ślady odbić wykształcone najczęściej jako bardzo cienkie (również 0,2–2 mm) grzbieciki, których długość waha się od kilku do kilkunastu milimetrów. Znacznie rzadziej ślady odbić mają postać jeszcze krótszych, lecz nieco szerszych (do 3 mm) wypukłości, odznaczających się drobnym rowkowaniem, takim jak to, które spotyka się w śladach wleczenia (tabl. II, fig. 3). Ślady odbić zarówno w kierunku odprądowym, jak i doprądowym stopniowo wygasają.

Jak wynika z powyższych obserwacji, szerokość nieciągłych śladów przedmiotów znanych z ludlowu Lęborka jest stosunkowo jednolita i — co więcej — odpowiada szerokości występujących w tych osadach ciągłych śladów przedmiotów. Można więc mniemać, że ślady przedmiotów spotykane w opisywanych tu mieszanych zespołach hieroglifowych we wszystkich przypadkach powstały wskutek takich samych, a co najmniej porównywalnych narzędzi.

ŚLADY PRZEDMIOTÓW MIARĄ WZGLĘDNYCH PRĘDKOŚCI PRĄDÓW

Jakich różnic należy oczekiwać od śladów przedmiotów pozostawionych przez te same narzędzia przy różnych prędkościach transportującego je prądu?

Przy dużej szybkości prądu styczność z dnem przedmiotów niesionych trakcyjnie jest dość krótkotrwała. W tym więc przypadku ślady nieciągłe powinny dominować nad ciągłymi. Odstępy między kolejnymi śladami saltacji tego samego przedmiotu będą zapewne dość znaczne. Można się spodziewać, że ślady ciągłe będą na ogół prostoliniowe i równoległe.

Prąd wolniejszy pozostawi zapewne więcej śladów ciągłych, niekiedy o krętym przebiegu i niejednolitej orientacji. Odstępy między nieciągłymi śladami tego samego przedmiotu powinny tu być mniejsze niż w przypadku poprzednim.

Mieszane zespoły hieroglifowe występujące w ludlowie Lęborka, jak się wydaje, potwierdzają te rozważania. W wielu wypadkach ślady przedmiotów składające się na zespoły hieroglifów prądowych reprezentowane są niemal wyłącznie przez ślady nieciągłe w postaci zadziorów uderzeniowych i śladów odbić (tabl. I, fig. 1, 2; tabl. II, fig. 3, 4). Zgodnie z tym, co powiedziano wyżej, świadczą one o dość znacznej prędkości prądu. Z drugiej strony, w tej samej serii mułowcowej spotyka się mieszane zespoły hieroglifowe charakterystyczne dla transportu trakcyjnego w przydennej partii prądu niewątpliwie wolniejszego. W zespołach hieroglifowych tego rodzaju, obok nieciągłych śladów przedmiotów, występują licznie rysy wleczeniowe, a niektóre zadziory stanowią ich zakończenie (tabl. II, fig. 5). Czasem spotyka się ślady powolnego wleknięcia przedmiotów zarytych w dno świadczące o tym, że saltacja przedmiotu łączyła się z wleczeniem (tabl. III, fig. 6). Niektóre ślady wleczenia obserwowane w spągu ławic mułowcowych odznaczają się krętym przebiegiem (tabl. III, fig. 6).

PRZEDMIOTY POZOSTAWIAJĄCE ŚLADY

Wspomniano już poprzednio, że były nimi zapewne przedmioty lekkie. Istotnie, na jednej z powierzchni spągowych (głębokość 2629 m), pokrytej tylko śladami przedmiotów, znalazłem rysy wleczeniowe, w których zakończeniach spoczywały graptolity (*Pristiograptinae*) zwrócone sikulami w stronę doprądową. Na tej samej powierzchni występowały drobne, nie oznaczalne brachiopody i małże (zapewne formy larwalne) oraz liczne, zagadkowe gruzelki (fekalne?) ilasto-wapniste o średnicy równej paru dziesiątym milimetra. Być może, opisane poprzednio zadziory uszeregowane czołami wzdłuż jednej linii są rezultatem saltacji niewielkich skorupek brachiopodów uderzających w dno ząbkowanym przednim brzegiem. Przedmiotami rysującymi dno mogły być również drobne okruchy łupków, które bezładnie rozrzucone tkwią w niektórych ławicach mułowców ilastych. Rozmiary tych okruchów — tak jak się je widzi na bocznych powierzchniach rdzeni wiertniczych — wynoszą najczęściej 1×5 mm, choć bywają i dłuższe.

PRĘDKOŚĆ CZOŁA A PRĘDKOŚĆ MASY GŁÓWNEJ PRĄDU ZAWIESINOWEGO

Przy ustaleniu względnych prędkości głównych mas prądów zawiesinowych można się posłużyć pozostawionymi przez nie śladami przedmiotów. Możliwe jest to wówczas, gdy istnieją podstawy, aby przypuszczać, że porównywane ze sobą ślady z powierzchni spągowych różnych ławic powstały wskutek wleczenia takich samych narzędzi. Jak wskazano wyżej, można przyjąć, że warunek ten jest spełniony w przypadku osadów ludlowu z otworu wiertniczego Lębork.

W tym miejscu należy jeszcze zaznaczyć, że równie istotne znaczenie dla rozpatrywanych zagadnień ma gęstość i lepkość prądów zawiesinowych. Wydaje się, że parametry te były bardzo zbliżone, niemal stałe, dla wszystkich prądów składających ławice mułowcowe ludlowu Lęborka. Świadczy o tym fakt, że wspomniane ławice wykazują zadziwiająco jednorodność tak wielkości frakcji materiału klastycznego (najczęściej 0,015÷0,025 mm), jak i składu mineralnego (A. Kuźniarowa, 1962).

Czy zawsze prędkość głównej masy prądu zawiesinowego o czole szybkim przewyższa prędkość masy głównej prądu o czole wolniejszym?

Obserwacje poczynione w obrębie serii mułowcowej ludlowu Lęborka pozwalają sądzić, że tak nie jest. Występujące w tych osadach mieszane zespoły hieroglifów prądowych, odznaczające się z reguły obecnością śladów przedmiotów na śladach rozmywania, można podzielić na trzy rodzaje.

Pierwszy charakteryzuje się dobrze wykształconymi jamkami wirowymi, które pokryte są przede wszystkim nieciągłymi śladami przedmiotów w postaci zadziorów i śladów odbić. Za przykład służyć tu może okaz pochodzący z głębokości 2326 m (tabl. I, fig. 1); widać na nim wyraźne, krótkie, szybko rozszerzające się jamki wirowe, ułożone skośnie. Występują na nich zadziory uderzeniowe, którym towarzyszą nieliczne i bardzo delikatne ślady wleczenia. Opisowany zespół hieroglifów świadczy o tym, że za prędkim, turbulentnym czołem prądu wędrowała nieco wolniejsza, lecz również dość szybka jego masa główna. Podobną wymowę ma zespół hieroglifowy zaobserwowany między innymi na głębokości 2786 m (tabl. I, fig. 2) i bardzo częsty w osadach ludlowu z otworu wiertniczego Lębork. W tym przypadku na wyraźnych jamkach wirowych widać delikatne ślady odbić w postaci niewielkich „zadrapań“ ułożonych zgodnie z ogólnym zarysem jamek. Oznacza to, że przedmioty transportowane prądem stykały się z dnem krótko, choć często, a układ pozostawionych przez nie śladów odzwierciedla jeszcze wirowy układ włókien prądowych. A więc i tu główna masa prądu zawiesinowego, postępująca za szybkim czołem miała stosunkowo znaczną szybkość. Dla ścisłości dodać należy jednak, że owe drobne zadrapania są prawdopodobnie dziełem narzędzi nieco mniejszych niż te, które spowodowały powstanie śladów przedmiotów obserwowanych na okazy z głębokości 2326 m (tabl. I, fig. 1).

Drugi rodzaj mieszanych zespołów hieroglifowych z osadów ludlowu Lęborka charakteryzuje się obecnością delikatnych, wydłużonych

śladów rozmywania, pokrytych głównie nieciągłymi śladami przedmiotów (tabl. II, fig. 3, 4), podobnymi do tych, jakie występują na wyraźnych, krótkich jamkach wirowych (tabl. I, fig. 1). Jak z tego wynika, prędkości mas głównych prądów zawieszinowych w obu tych przypadkach były zbliżone, choć prędkości ich czoł niewątpliwie wyraźnie się różniły. Tym niemniej, wskazywano na to już poprzednio, w przypadku mieszanych zespołów hieroglifowych z osadów ludlowu Lęborka prędkość czoł prądów była większa od prędkości ich mas głównych.

Trzeci rodzaj mieszanych zespołów hieroglifów prądowych z serii mułowcowej ludlowu Lęborka odznacza się tym, że zarówno ślady rozmywania, jak i ślady przedmiotów świadczą o stosunkowo niewielkich prędkościach (tabl. III, fig. 5, 6). Widać tu niewyraźne, wydłużone ślady rozmywania, pokryte licznymi śladami wleczenia, czasem krętymi, którym towarzyszą zadziory uderzeniowe, często związane z rysami wleczeniowymi, a niekiedy ze śladami wywlekania przedmiotu zarytego w dno.

Jak objaśnić powstanie opisanych tu rodzajów mieszanych zespołów hieroglifowych? Zespoły, w których na wyraźnych jamkach wirowych występowały głównie nieciągłe ślady przedmiotów oraz zespoły, w których delikatne ślady rozmywania pokryte były ciągłymi śladami przedmiotów, świadczą odpowiednio o prądach stosunkowo szybkich lub wolnych, ale w obu przypadkach o takich, których prędkość malała dość jednostajnie. Zespoły, w których na niewyraźnych, wydłużonych śladach rozmywania widać ślady przedmiotów świadczące o dość znacznych prędkościach, mogą być przejawem prądów gwałtownie zahamowanych. W wyniku szybkiego spadku prędkości czoła prądu powstały słabo wyżłobione ślady rozmywania. Główna masa prądu, odznaczająca się większym momentem bezwładności, nieco później traciła nabytą poprzednio energię, pozostawiając początkowo ślady przedmiotów świadczące o dość znacznej prędkości.

Być może, zespoły hieroglifowe powstawały wskutek dwóch prądów zawieszinowych. Rozpatrując ostatni z opisanych wyżej rodzajów mieszanych zespołów hieroglifowych należałoby przyjąć następujący rozwój wydarzeń:

Pierwszy prąd, niezbyt szybki, lecz zdolny utrzymać materiał w zawieszinie i poddać go turbulencji, wyżłobił niewyraźne ślady rozmywania, nie zasypując ich osadem. Dopiero drugi prąd, nie erodujący dna wskutek obecności przesłony trakcyjnej, złożył materiał nadległej ławicy mułowca, rysując uprzednio dno. Sprawa choćby krótkotrwałego (a tylko takie wchodzi w rachubę) trwania niepogrzebanych hieroglifów prądowych na ilastym dnie zbiornika, nawiedzanego przez prądy zawieszinowe stała się przedmiotem sprzecznych opinii w literaturze (J. C. Crowell, 1955, 1958; Ph. H. Kuenen, E. ten Haaf, 1958). Nie ma podstaw, by *a priori* wykluczyć taką możliwość (M. Książkiewicz, 1961).

Rozwijając wyrażone poprzednio poglądy należałoby oczekiwać istnienia takich mieszanych zespołów hieroglifowych, w których wyraźne jamki wirowe pokryte byłyby śladami przedmiotów, świadczącymi o bardzo powolnej głównej masie prądu zawieszinowego. Zjawisko to nie występuje w serii mułowcowej ludlowu Lęborka. Można by je objaśniać dużym rozpadaniem prądu zawieszinowego, którego czoło mniej lub bardziej dosłownie „oderwało się“ od daleko wolniejszej w tym przypadku masy

głównej. Wyjaśnienie to bliskie jest ujęciu A. H. Boumy (1962), który w podobny sposób interpretuje skokowe zmniejszanie się frakcji osadu w niektórych gradowanych ławicach materiału klastycznego. Dodać należy, że powstanie omawianego zespołu hieroglifowego także można tłumaczyć działaniem dwóch następujących po sobie prądów zawieszinowych. Pierwszy z nich byłby oczywiście znacznie szybszy.

SUGESTIE PALEOGEOGRAFICZNE

Mieszane zespoły hieroglifowe, w których ślady rozmywania są wcześniejsze od śladów przedmiotów, powstają — jak wskazano wyżej — w wyniku zmniejszania się prędkości prądu zawieszinowego. Ustalenie, w jaki sposób proces zwalniania prądu przebiega w czasie, może mieć znaczenie dla rozważań paleogeograficznych.

Można bowiem przypuszczać, że zespoły hieroglifów prądowych świadczące o jednostajnym spadku prędkości prądu zawieszinowego⁴ przemawiają za tym, że rozprzestrzenił się on po równomiernie i nieznacznie nachylonym — może nawet wręcz poziomym — dnie zbiornika. Inne wymieniane poprzednio mieszane zespoły hieroglifowe wskazują na niejednostajną zmienność (spadek) prędkości prądów, a zatem na rozmaite, nierównomierne pochylenie dna zbiornika sedymentacyjnego. Zespoły świadczące o niejednostajnym hamowaniu prądu dowodzą — ogólnie rzecz biorąc — gwałtownego zmniejszania się pochylenia dna. Można dodać, że prądy bardzo „rozpedzone” świadczyłyby ponadto o tym, że na pewnym odcinku swej drogi wędrowały po szczególnie stromym stoku dna.

W przypadku obserwacji opartych na materiale pochodzącym z otworów wiertniczych rozważania te — trzeba przyznać — są wielce teoretyczne. Niesłychanie ograniczone możliwości spostrzeżeń w poziomie kazały z największą ostrożnością snuć przypuszczenia paleogeograficzne. Wyobraźmy sobie, na przykład, zbiornik o dnie obniżającym się schodowato. Wszelkie opisane wyżej rodzaje mieszanych zespołów hieroglifowych powtarzać się wówczas mogą na każdym „stopniu” dna. Innymi słowy — powstanie ich może być wywołane przyczynami lokalnymi, jeśli tylko są one w stanie warunkować zmienność spadku prędkości prądów zawieszinowych schodzących w głąb zbiornika.

Ubóstwo obserwacji poziomych przy badaniu materiału głębokich otworów wiertniczych, zazwyczaj bardzo od siebie odległych, wyrównane jest częściowo ciągłością profilu przebitych utworów. W przypadku dobrego uzysku rdzenia wyłania się możliwość uchwycenia permanentnej, lub nie, obecności określonych zespołów hieroglifowych. Zespoły powtarzające się stale w obrębie długowiecznych serii osadowych są zapewne wyrazem warunków regionalnych.

W przypadku mieszanych zespołów hieroglifowych z serii mułowcowej ludlowu Lęborka dość symptomatyczny jest w tym ujęciu zupełny brak zespołów, jakich należałoby oczekiwać od prądów schodzących ze

⁴ Ruch zbliżony do jednostajnie zmiennego, a ściślej — do jednostajnie opóźnionego.

stromych stoków dna zbiornika. We wspomnianych osadach zdecydowanie najczęstsze są zespoły świadczące o równomiernym, zapewne niewielkim pochyleniu dna. Spostrzeżenie to — być może — okaże się przydatne w dalszych badaniach nad sedymentacją syluru w podłożu północnej Polski.

Zakład Geologii Nizu
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 13 kwietnia 1966 r.

PIŚMIENNICTWO

- BAGNOLD R. A. (1956) — The flow of cohesionless grains in fluids. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, ser. A*, **249**, p. 235—297, nr 964. London.
- BOUMA A. H. (1962) — *Sedimentology of some flysch deposits*. Elsevier Publ. Co. Amsterdam—New York.
- CROWELL J. C. (1955) — Directional current structures from the Prealpine Flysch, Switzerland. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **66**, p. 1351—1384, nr 11. Baltimore.
- CROWELL J. C. (1958) — Sole markings of graded graywacke beds: a discussion. *Journ. Geol.*, **66**, p. 333—335, nr 3. Chicago.
- DZUŁYŃSKI S. (1963) — Wskaźniki kierunkowe transportu w osadach fliszowych. *Studia geol. pol.*, **12**, p. 9—136. 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., SANDERS J. E. (1962) — Current marks on firm mud bottom. *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.*, **42**. New Haven, Conn. — Copenhagen.
- DZUŁYŃSKI S., WALTON E. K. (1963) — Experimental production of sole markings. *Trans. Edinb. Geol. Soc.*, **19**, p. 279—305, nr 3. Edinburgh.
- HAAF E. ten (1959) — Graded beds of the Northern Apennines. *Rijksuniversiteit te Groningen*. Groningen.
- JAWOROWSKI K. (1966) — Laminacja pozioma, przekątna i konwolutna w łudłowie z wiercenia Lębork. *Kwart. geol.*, **10**, p. 724—734, nr 3. Warszawa.
- KSIAŻKIEWICZ M. (1961) — O niektórych sedymentacyjnych strukturach fliszu karpackiego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **31**, p. 23—36, nr 1. Kraków.
- KUENEN Ph. H. (1957) — Sole markings of graded graywacke beds. *Journ. Geol.*, **65**, p. 231—253, nr 3. Chicago.
- KUENEN Ph. H., SANDERS J. E. (1956) — Sedimentation phenomena in Kulm and Flözleeres Graywackes, Sauerland and Oberharz, Germany. *Amer. Journ. Sci.*, **254**, p. 649—671, nr 11. New Haven, Conn.
- KUENEN Ph. H., HAAF E. ten (1956) — Sole markings of graded graywacke beds: a reply. *Journ. Geol.*, **66**, p. 335—337, nr 3. Chicago.
- KUŹNIAROWA A. (1962) — Petrografia ordowiku i syluru w wierceniu Lębork. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.

- McBRIDE E. F. (1962) — Flysch and associated beds of the Martinsburg Formation (Ordovician), Central Appalachians. Journ. Sedim. Petr., 32, p. 39—91, nr 1. Menasha.
- TOMCZYK H. (1964) — Stratygrafia syluru w północno-wschodniej Polsce. Kwart. geol., 8, p. 506—523, nr 3. Warszawa.
- WALKER R. G. (1965) — The origin and significance of the internal sedimentary structures of turbidites. Proc. Yorkshire Geol. Soc., 35, p. 1—32, nr 1. Hull.

Кшиштоф ЯВОРОВСКИ

СМЕШАННЫЕ ИЕРОГЛИФОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ СО СЛЕДАМИ РАЗМЫВАНИЯ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИМИ СЛЕДАМ ПРЕДМЕТОВ¹

Резюме

Смешанные иероглифовые комплексы со следами размывания, предшествующими следам предметов свидетельствуют о падении скорости „зрелого” (в смысле Р. Г. Уолькер, 1965) суспензионного течения. Следы размывания возникают в результате эрозии, вызванной турбулентным фронтом течения, несущего наносы во взвешенном состоянии. Следы предметов образует более медленная главная масса течения, транспортирующая наносы в донной тракции. Падение на дно предметов, которые оставляют следы является первым признаком наступающей седиментации замедленного течения. В смешанных иероглифовых комплексах силурийских отложений Северной Польши (бур. скв. Лэмборк) можно выделить три их разновидности: 1) иероглифовые комплексы свидетельствующие о значительной скорости как фронта, так и главной массы суспензионного течения (табл. I, фиг. 1, 2); 2) иероглифовые комплексы свидетельствующие о не очень большой скорости фронта течения при относительно значительной (хотя более медленной от фронта) скорости его главной массы (табл. II, фиг. 3, 4); 3) иероглифовые комплексы свидетельствующие о незначительной скорости как фронта, так и главной массы суспензионного течения (табл. III, фиг. 5, 6). Есть основание предполагать, что все следы предметов в силурийских отложениях Северной Польши возникли в результате транспорта одинаковых, по крайней мере сравнимых предметов. Комплексы (1) и (3) свидетельствуют о равномерном падении скорости течения, следовательно о равномерно наклоненном или даже горизонтальном дне бассейна. Эти комплексы решительно преобладают в силурийских отложениях Северной Польши. Комплексы (2) возникли в результате резкого приостановления течения. Его главная масса, отличающаяся большим моментом инерции, чем фронт, более продолжительно сохраняла раньше приобретенную скорость. Этого вида комплексы, свидетельствующие о неравномерном падении скорости течения, указывают на неравномерно наклоненное дно седиментационного бассейна. Следует помнить, что каждый из описанных иероглифовых комплексов может образоваться в результате существования местных неровностей дна бассейна. Только комплексы непрерывно повторяющиеся в долговечных осадочных сериях можно считать отражением региональных условий.

¹ Из исследований по седиментации силурийских отложений основания Северной Польши.

Krzysztof JAWOROWSKI

**MIXED CURRENT MARK ASSEMBLAGES SHOWING SCOUR MARKS
ANTEDATING TOOL MARKS¹**

Summary

Scour marks antedating tool marks prove a decrease of velocity of the "mature" turbidity current (sensu R. G. Walker, 1965). Scour marks are formed due to the erosion caused by turbulent nose of a current transporting sediment in suspension. Tool marks, in turn, are formed by a slower, main body of the current transporting a part of the sediment in bottom traction. The falling down of the objects that leave their marks on the bottom can be considered as the first sign of the forthcoming sedimentation. The mixed current mark assemblages of the Silurian from Northern Poland can be assigned into the following groups: 1) assemblages proving a high velocity of both nose and main body of the turbidity current (Table I, Figs. 1 and 2); 2) assemblages proving rather a low velocity of the current nose, while its main body — slower though it was — still flowed relatively fast (Table II, Figs. 3 and 4); 3) assemblages proving a low velocity of both nose and main body of the turbidity current (Table III, Figs. 5 and 6). There are reasonable grounds to suppose that all the tool marks of the Silurian deposits from Northern Poland are a result of tractional movement of similar, or, at least, of comparable objects.

The current mark assemblages falling under the first and the third groups indicate a uniform decrease of the current velocity, thus proving the existence of a uniformly inclined, or even horizontal bottom of the basin. These assemblages are no doubt most frequent in the Silurian deposits of Northern Poland. The current mark assemblages belonging to the second group were formed due to rapid slowing down of the turbidity current. Its main body characterized by a greater momentum than that of the current nose, has longer maintained the impetus gained previously. Assemblages that indicate a non-uniform decrease of current velocity prove also an irregularly inclined bottom of a sedimentary basin. It should be kept in mind that every current mark assemblages described in the paper can be formed due to local irregularities in the bottom of the basin. Only current mark assemblages, which are permanent in the long-aged sedimentary series, may be thought to reflect regional conditions.

¹ Studies on the Silurian sedimentation in the substratum of Northern Poland.

TABLICA I

Fig. 1. Wyraźne, skośnie ułożone jamki wirowe pokryte nieciągłymi śladami przedmiotów (zadziory uderzeniowe). Zarówno jamki wirowe utworzone przez czoło prądu zawiesinowego, jak i ślady przedmiotów utworzone przez jego masę główną, świadczą o dość znacznych prędkościach. Kierunek prądu — do góry. Otwór wiertniczy Lębork, głębokość 2326 m.

Discontinuous tool marks (prod marks) superimposed upon the distinct diagonally arranged flute marks. Both flute marks made by the nose of turbidity current and tool marks formed by the main body of the latter prove fairly considerable velocities. Direction of the current from bottom to top. Bore hole Lębork, depth — 2326 m.

Fig. 2. Wyraźne jamki wirowe pokryte licznymi i delikatnymi nieciągłymi śladami przedmiotów (ślady odbić). Czoło i główna masa prądu zawiesinowego — dość szybkie. Kierunek prądu — do góry. Otwór wiertniczy Lębork, głębokość 2886 m.

Numerous, fine, discontinuous tool marks (bounce marks) superimposed upon the distinct flute marks. Both nose and main body of the turbidity current were fairly fast. Direction of the current from bottom to top. Bore hole Lębork, depth — 2886 m.

Podziałka w milimetrach
Scale marked in millimetres

Zdjęcia: Prac. Fotogr. Naukowej I.G.
Photographs by Photographic Laboratory of the Geological Institute, Warsaw



Fig. 1

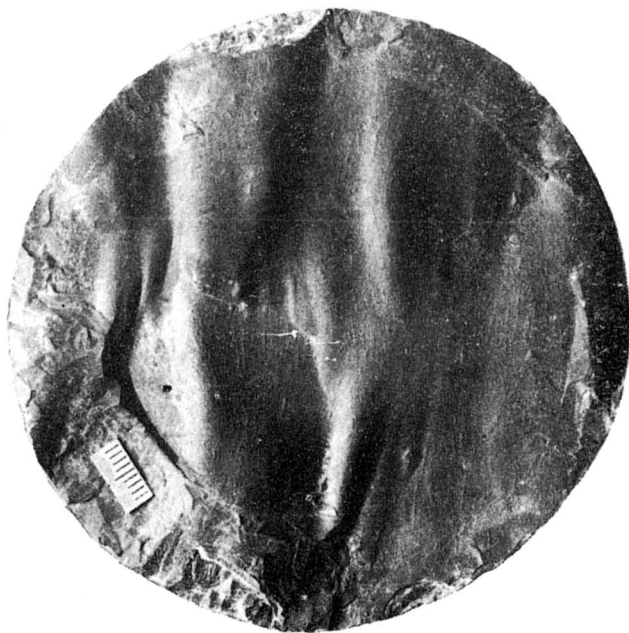


Fig. 2

TABLICA II

Fig. 3. Delikatne wydłużone ślady rozmywania świadczące o niezbyt szybkim czole prądu zawiesinowego. Nieciągłe ślady przedmiotów (zadziory uderzeniowe, ślady odbić) przemawiają za stosunkowo znaczną prędkością głównej masy prądu — choć była ona wolniejsza od jego czoła. Na niektórych śladach odbić widoczne drobne rowkowanie. Kierunek prądu — do góry. Otwór wiertniczy Lębork, głębokość 1988 m.

Fine, elongate scour marks indicating rather low velocity of the nose of turbidity current. Discontinuous tool marks (prod marks and bounce marks) prove a relatively high velocity of the main body of the current, although this velocity was lower than that of the nose. Note fine striation on some bounce marks. Direction of the current from bottom to top. Bore hole Lębork, depth — 1988 m.

Fig. 4. Mieszany zespół hieroglifowy podobny do przedstawionego na tabl. II, fig. 3. Kierunek prądu — do góry. Otwór wiertniczy Lębork, głębokość 1988,7 m.

Mixed current mark assemblage similar to that presented on Table II, Fig. 3. Direction of the current from bottom to top. Bore hole Lębork, depth 1988,7 m.

Podziałka w milimetrach
Scale marked in millimeters

Zdjęcia: Prac. Fotogr. Naukowej I.G.
Photographs by Photographic Laboratory of the Geological Institute, Warsaw



Fig. 3



Fig. 4

TABLICA III

Fig. 5. Zespół hieroglifowy świadczący o niewielkiej prędkości zarówno czoła jak i głównej masy prądu zawiesinowego. Niewyraźne, wydłużone ślady rozmywania pokryte ciągłymi (ślady wleczenia) i nieciągłymi (zadziory uderzeniowe) śladami przedmiotów. Kierunek prądu — do góry. Otwór wiertniczy Lębork, głębokość 2470 m.

Mixed current mark assemblage proving low velocity of both nose and main body of the turbidity current. Indistinct, elongate scour marks are overlain by continuous and discontinuous tool marks (groove and prod marks). Direction of the current from bottom to top. Bore hole Lębork, depth — 2470 m.

Fig. 6. Zespół hieroglifowy podobny do przedstawionego na tabl. III, fig. 5. Godny uwagi jest zadziór uderzeniowy ze śladem wywleknięcia (lewa część zdjęcia) oraz kręty ślad wleczenia. Kierunek prądu — do góry. Otwór wiertniczy Lębork, głębokość 2605,7 m.

Current mark assemblage similar to that presented on Table III, Fig. 5. Short groove at downcurrent and of prod mark is probably due to dragging out of a tool (left centre). Note winding groove mark. Direction of the current from bottom to top. Bore hole Lębork, depth — 2605,7 m.

Podziałka w milimetrach
Scale marked in millimeters

Zdjęcia: Prac. Fotogr. Naukowej I.G.
Photographs by Photographic Laboratory of the Geological Institute, Warsaw



Fig. 5



Fig. 6