

UKD 552.122:551.332.24+551.333:552.122:551.3.051.551.332.24/5:551.791

Wojciech MORAWSKI

Struktury sedymentacyjne plejstocieńskich osadów wodnomorenowych a teoria struktur glacidynamicznych

Polemiczna wypowiedź autora na temat teorii tzw. struktur glacidynamicznych jest oparta na wynikach badań sedymentologiczno-strukturalnych specyficznego typu osadów glacialnych, tj. osadów wodnomorenowych. Podstawą do dyskusji jest podobieństwo zbadanych struktur sedymentacyjnych osadów wodnomorenowych i ich mutacji glacitektonicznych ze strukturami znanymi z literatury jako glacidynamiczne.

WSTĘP

Wśród publikacji dotyczących osadów glacialnych, zarówno plejstocieńskich jak i współczesnych, ukazało się — szczególnie w ostatnim dziesięcioleciu — szereg prac poświęconych strukturom tych osadów, czyli formom przestrzennym ich występowania. Podczas gdy wszelkie poziomo leżące pierwotne struktury osadów morenowych, wodnolodowcowych czy zastoiskowych nie budzą na ogół wątpliwości, to wszelkie struktury zaburzeniowe są różnie interpretowane genetycznie. Dotyczy to w szczególności tzw. struktur glacidynamicznych i struktur glacitektonicznych. Wyniki szczegółowych badań, które pozwoliły określić nową fację osadów glacialnych — wodnomorenową, a także odtworzyć procesy, w wyniku których powstało szereg specyficznych struktur sedymentacyjnych i synsedymentacyjnych osadów wodnomorenowych, umożliwiają zastosowanie nowego ujęcia genetycznego szeregu najbardziej kontrowersyjnych struktur zaburzeniowych.

STRUKTURY SEDYMENTACYJNE OSADÓW WODNOMORENOWYCH

W regionalnych badaniach nad stratygrafią i paleogeografią plejstocenu poziomy gliny zwałowej są traktowane jako reperowe, przewodnie. Liczni autorzy w szeregu prac wspominają jednak o „nietypowych” — można by powiedzieć —

formach występowania gliny zwałowej w postaci warstw, warstewek, soczewek i brył różnej wielkości i kształtu nie tworzących poziomów o znaczeniu stratygraficznym, czyli poziomów znaczących okresy postoju lądolodu na danym obszarze. Takie formy występowania gliny zwałowej obserwowane są w różnych sytuacjach geologicznych i morfologicznych: na przedpołu moren czołowych, w obrębie moren, w ozach, kemach i tarasach kemowych, jak również na rozległych obszarach deglacjacji aeralnej. Tego typu formy występowania gliny zwałowej stwierdzane bywają również w profilach wierceń. Wszystkie te przypadki zwykle nastroczają poważne trudności przy interpretacji genetycznej, która jest bardzo różna u poszczególnych autorów.

W wyniku szczegółowych badań sedymentologicznych przeprowadzonych w rozległych wykopach na terenie Służewa i Ursynowa w Warszawie (W. Morawski, 1976; praca (a) w druku), popartych obserwacjami z szeregu odsłoneń w okolicach Warszawy, Konina oraz Łeby i Lęborka, scharakteryzowana została nowa facja osadów glacialnych: facja wodnomorenowa (W. Morawski, praca (b) w druku). Jako osady wodnomorenowe rozumie się kompleks osadów częściowo określanych jako ablacyjne (R.F. Flint, 1957) lub częściowo jako osady typu *ice-contact* (R.F. Flint, 1971) oraz częściowo jako *flow till* (G.S. Boulton, 1968, 1972, 1976; J.H. Hartshorn, 1958; I. Marcussen, 1973; E. Evenson, A. Dreimanis, W. Newsome, 1977). Osady wodnomorenowe mogą się tworzyć w okresie deglacjacji lądolodu zarówno na jego powierzchni, jak również na przedpołu, w szczelinach i kawernach wewnątrz lodu i pod lodem oraz w przetainach między bryłami martwego lodu. Głównymi składnikami osadów wodnomorenowych są: spływowa glina zwałowa (ang. *flow till*) będąca produktem grawitacyjnego spływania potoków błotnych pochodzących z materiału skalnego wytopionego z lodu oraz warstwowane osady wytopiskowe (ang. *stratified meltwater sediments*), a więc osady wód roztopowych zarówno płynących — piaski i żwiry, jak i stojących w lokalnych zagłębieniach bezodpływowych — ily i mułki. Wszystkie te osady wspólnie ze spływową gliną zwałową tworzą kompleksy bardzo zmienne litologicznie, charakteryzujące się cechami teksturalnymi i strukturalnymi wyróżniającymi je spośród innych typów genetycznych osadów glaciogenicznych.

Cechą podstawową osadów wodnomorenowych jest różnorodność i zmienność struktury sedymentacyjnych, w jakich występują. Najlepiej można to scharakteryzować śledząc formy występowania spływowej gliny zwałowej. I tak niekiedy występuje ona w postaci kompleksów (o miąższości wielu metrów) wykazujących nieraz wyraźną oddzielność warstwową. Kompleksy te wzdłuż przekrojów dzielą się na warstwy izolowane różnymi osadami wysegregowanymi, warstwowanymi. Warstwy te z kolei urywają się lub wyklinowują w obrębie warstwowanych osadów wytopiskowych lub są poprzerywane i przechodzą w serię różnej wielkości soczew i soczewek. W obrębie dużych kompleksów warstwowanych osadów wytopiskowych występują bryły spływowej gliny zwałowej o różnej wielkości i kształtach, przeważnie plastycznie uformowane.

Należy podkreślić, że ważną cechą osadów wodnomorenowych jest brak warstw o konsekwentnym przebiegu poziomym. W odniesieniu do osadów wodnomorenowych pojęcie warstwy nie ma znaczenia stratygraficznego. Są to zwykle kompleksy osadów złożone z ząbających się w różnych płaszczyznach soczew spływowej gliny zwałowej i warstwowanych osadów wytopiskowych.

Na szczególną uwagę zasługują specyficzne struktury sedymentacyjne występujące w osadach wodnomorenowych, które ogólnie można nazwać spływowymi. Są one szczególnie diagnostyczne przy rozpoznawaniu osadów wodnomore-

nowych. Najbardziej interesujące są struktury związane z kształtem powierzchni spągowych i stropowych warstw i soczewek spływowej gliny zwałowej. Powierzchnie te rzadko są zupełnie płaskie. Często obserwuje się rozsmarowanie spągu warstw gliny na szereg cienkich plastrów lub też występowanie struktur konwolucyjnych grzęźnięcia gliny w piasku. Struktury te nieraz posiadają wyraźną wergencję znaczącą kierunek płynięcia potoku błotnego. Na powierzchniach stropowych warstw i soczewek spływowej gliny zwałowej obserwuje się grzbiety i bruzdy oraz różnego rodzaju zadziory i wyciśnięcia, którym towarzyszy lokalne zaburzenie nadległych osadów warstwowanych. Są to struktury synsedymentacyjne będące wynikiem ruchliwości nasączonych wodą osadów, stopniowo osiągających stan równowagi w miarę wytapiania się lodu, jak również w miarę ich odwadniania. Struktury tego typu mogą być mylnie interpretowane jako wynik dynamicznych procesów związanych z ruchem lodu – glacydynamicznych lub procesów wtórnych, np. glacitektonicznych. Charakterystyczne struktury spływowe obserwuje się w zakończeniach warstw spływowej gliny zwałowej, będących nieraz plastycznie spiętrzoną czołem potoku błotnego zahamowanego przeszkodą terenową. W obrębie warstw spływowej gliny zwałowej daje się śledzić powierzchnie wewnętrznej oddzielności, nieraz podkreślone piaszczystymi smugami o kształtach fluidalnych, będących wynikiem plastycznego potoku błotnego.

Wszystkie te struktury są sedymentacyjne lub synsedymentacyjne – czyli pierwotne. W odsłonięciach były one śledzone w pierwotnym poziomym położeniu a jednocześnie obok, na innych odcinkach tych samych odsłonieć, te same struktury były przemodelowane glacitektonicznie nieraz w bardzo znacznym stopniu, ustawione pionowo lub nawet wstecznie obalone (W. Morawski, praca (a) w druku).

Zarówno niektóre struktury sedymentacyjne osadów wodnomorenowych, jak i szczególnie struktury glacitektoniczne zaburzające osady wodnomorenowe są bardzo podobne do opisywanych w literaturze struktur glacydynamicznych. Powstaje więc problem czy słuszna jest interpretacja niektórych struktur jako glacydynamiczne, czyli odziedziczone po lodzie, i jak odróżnić struktury pierwotne i wtórne osadów wodnomorenowych od struktur glacydynamicznych.

DYSKUSJA NAD STRUKTURAMI GLACIDYNAMICZNYMI

Na podstawie przeglądu literatury i własnych obserwacji autor doszedł do przekonania, że w kopalnych (plejstocenijskich) osadach glacygenicznych występuje niezależnie od siebie kilka typów złożonych struktur współwystępowania różnych litologicznie osadów:

- a – struktury pierwotne, sedymentacyjne;
- b – struktury sedymentacyjne zaburzone procesami wtórnymi, głównie glacitektonicznymi;
- c – struktury glacydynamiczne (sensu J. Ławruszyn, 1976 – z zastrzeżeniami do niektórych typów struktur);
- d – struktury glacydynamiczne przemodelowane procesami wtórnymi, głównie glacitektonicznymi;
- e – struktury glacitektoniczne (w szczególności różnego typu sprasowania, wciśnięcia, przeładowania i złuskowania oraz nasunięcia), w których zaangażowane są wspólnie różne osady nie tylko glacygeniczne.

Wymienione typy struktur niejednokrotnie wykazują duże podobieństwo, co może prowadzić do błędnych interpretacji genetycznych.

Poglądy autora przedstawione niżej dotyczą następujących zagadnień: relacji między strukturami glacydynamicznymi i glacitektonicznymi, zastrzeżeń do teorii powstawania struktur glacydynamicznych, zastrzeżeń do interpretacji niektórych struktur kopalnych jako glacydynamiczne, metodyki gromadzenia cech diagnostycznych odróżniających struktury sedimentacyjne od glacydynamicznych i glacitektonicznych. Dyskusja ta zostanie poprzedzona wprowadzeniem w teorię struktur glacydynamicznych.

TEORIA STRUKTUR GLACIDYNAMICZNYCH

Wielu badaczy już od końca ubiegłego stulecia obserwowało powierzchnie nasunięć w strefach czołowych współczesnych lodowców tworzące naprzemianległe, stromo nieraz ustawione warstwy czystego i zanieczyszczonego materiałem skalnym lodu. Uważa się powszechnie, że po powierzchniach tych nasunięć, będących wynikiem warstwowego płynięcia aktywnego lodu, następuje wciąganie materiału skalnego z podłoża w masę lodowca. Te badania, oparte na obserwacjach dokonanych na lodowcach Spitsbergenu, Islandii, Grenlandii i Alaski, stały się punktem wyjścia do próby wyjaśnienia szeregu struktur (tekstur – literatura niemiecka, rosyjska) w obrębie serii plejstocenyjskich glin zwałowych. Dotyczy to zaburzonych przeważnie przewarstwień, soczewek i smug różnych rozmiarów osadów o charakterze wodnolodowcowym lub rzadziej zastoiskowym, a sporadycznie pochodzenia nieglacialnego (np. piaski miocenyjskie lub oligocenyjskie), co umożliwia stwierdzenie, iż są one redeponowane z podłoża.

Teoria struktur glacydynamicznych (P.A. Szumski, 1955; E.W. Szancer, 1966; J.A. Ławruszyn, 1969; 1976) zakłada, iż w trakcie płynięcia lodowca osady z podłoża były pobierane przez łądolód i wzdłuż powierzchni nasunięć wciągane w masę dennej warstwy lodu przepelnionego materiałem skalnym. Po wytopieniu się lodu i ostatecznym złożeniu osadów powstały poziomy warstwy glin zwałowych głównie z dennej warstwy lodowca, a w ich obrębie pozostały warstwy, soczewki i smugi osadów pobranych z podłoża, zafałdowanych i rozartych z osadami morenowymi.

Termin „struktury glacydynamiczne” został stworzony dla odróżnienia ich od struktur glacitektonicznych. Podczas gdy te ostatnie są wynikiem procesów wtórnych, czyli różnorodnych form mechanicznego działania łądolodu na podłoże, to struktury glacydynamiczne mają powstawać wewnątrz ciała lodowca w trakcie jego ruchu, a obserwowane w odsłonięciach osadów plejstocenyjskich są strukturami odziedziczonymi po lodzie, czyli pierwotnymi, powstałymi w szeroko pojętym procesie sedymentacji glacialnej.

RELACJA MIĘDZY STRUKTURAMI GLACIDYNAMICZNYMI I GLACITEKTONICZNYMI

Niektórzy badacze uważają podział struktur zaburzeniowych na glacydynamiczne i glacitektoniczne za sztuczny, wychodząc z założenia, że procesy glacitektoniczne w szerokim pojęciu, to wszelkie procesy powodujące zaburzenia o charakterze tektonicznym, będące skutkiem działalności lodowca. Procesy glacydynamiczne są więc wyodrębnioną formą deformacji glacitektonicznych w szerokim rozumieniu (S.R. Moran, 1971; I. Shaw, 1977a).

Rzeczywiście, uznawanie struktur glacydynamicznych za pierwotne i przeciwstawianie ich wtórnym, glacitektonicznym – budzi wątpliwości. Procesy glacydynamiczne są pierwotne dla kompleksu osadów morenowych, w trakcie powstawania których zachodzą. Są jednak procesami wtórnymi dla osadów pobranych

z podłoża, które w strukturach glacydynamicznych są już na wtórnym złożu, nawet częściowo przerobione, mimo że, oczywiście, osady te przynależą już stratygraficznie do osadów danego lądolodu. Sprawę komplikuje dodatkowo sam mechanizm pobierania osadów z podłoża. W etapach tego procesu, przedstawionego poglądowo przez J.A. Ławruszyna (1976 – fig. 87, str. 134), występuje bowiem moment, gdy struktury glacydynamiczne są jeszcze „zakorzenione”, czyli wtedy ta sama struktura jest częściowo glacitektoniczną – gdyż w podłożu pod stopą lodowca następuje zafaldowanie osadów – a częściowo glacydynamiczną – dotyczy to jej górnej części tkwiącej już w lodzie czy osadach przez niego niesionych. A właśnie takie „zakorzenione” struktury kopalne są opisywane jako glacydynamiczne (S.Z. Różycki, 1970; J.A. Ławruszyn, 1976).

Fakt powstawania struktur zaburzeniowych w trakcie sedymentacji osadów morenowych danego lądolodu nie wyklucza możliwości traktowania ich jako glacitektoniczne. Następują tu równoległe dwa procesy: glacitektoniczne działanie lądolodu na podłoże oraz sedymentacja glacialna. W wyniku tych procesów osady starsze są włączane do tworzących się właśnie osadów w postaci brył różnych rozmiarów (kier glacitektonicznych), jak również są glacitektonicznie rozcierane i mieszają się z osadami morenowymi, całkowicie lub częściowo tracąc pierwotną teksturę i strukturę. Występuje tu analogia do typowych obserwacji tektonicznych – procesów górotwórczych, gdzie procesy tektoniczne następują równoległe z tworzeniem się osadów, jak również osady poprzednio złożone są tektonicznie przerabiane i tworzą nowe osady, np. brekcje.

ZASTRZEŻENIA DO TEORII STRUKTUR GLACYDYNAMICZNYCH

Przedstawiona w skrócie teoria struktur glacydynamicznych budzi szereg zastrzeżeń. Dotyczą one głównie: procesu pobierania przez lodowiec materiału skalnego z podłoża, tworzenia wspólnych struktur fałdowo-luskowych z osadów z podłoża i osadów morenowych niesionych przez dany lodowiec, procesów które umożliwiają strukturom tym „przetrawianie” w stanie kopalnym.

Informacje dotyczące procesu pobierania materiału skalnego przez lodowce współczesne są bardzo skąpe, głównie z uwagi na niedostępność dennej części lodowców. Publikowane przez różnych autorów odsonięcia pokazujące strukturę wewnętrzną lodowców współczesnych pochodzą wyłącznie z ich stref czołowych – przeważnie klify morskie. W odsonięciach tych warstwy lodu przepelnionego materiałem skalnym przedzielone są warstwami czystego lodu. Nie udało się natomiast dotychczas zaobserwować odsonień dennej części lodowca oraz stwierdzić procesu wciągania osadu z podłoża do wnętrza moreny dennej. J.A. Ławruszyn (1969) stwierdza, że proces przechwytywania osadów podłoża i asymilacji ich w morenę denną nie był możliwy do zaobserwowania na Spitsbergenie ze względu na występowanie twardego podłoża. Podaje natomiast przykład ze Spitsbergenu wprawdzie, ale pochodzący z tamtejszych osadów plejstocenkich, gdzie 2 smużki piasku o długości ok. 20 cm obserwowano w ząbieniu moreny dennej z osadem podłoża w odsonięciu o szerokości ok. 15 cm. Obserwacja ta pozwala cytowanemu autorowi stwierdzić na str. 37: „warto zauważyć, że w plejstocenkich morenach zlodowaceń dolinnych i kontynentalnych również występują struktury glacydynamiczne”. Przedstawione następnie przykłady – głównie z terenu Polski – pochodzą już wyłącznie z osadów plejstocenkich i dotyczą struktur o rozmiarach wielu metrów.

Mimo że nie możemy dokładnie prześledzić współcześnie procesu pobierania materiału z podłoża, tym niemniej obserwacje morenowych osadów plejstocenkich

świadczą, iż osady podłoża niewątpliwie były pobierane przez łądolody. Świadczą o tym zarówno kry osadów starszych w kompleksach glin zwałowych, jak i zawarty w nich materiał lokalny. W niniejszych rozważaniach istotny jest problem tworzenia kier — brył o bardzo różnej wielkości (H. Ruszczyńska-Szenajch, 1976), których pochodzenie z podłoża, np. w przypadku osadów trzeciorzędowych, jest niewątpliwe. Podstawowymi cechami strukturalnymi kier są ich zwykle bryłowe kształty, ostre granice, którym towarzyszą powierzchnie tektoniczne, zachowanie pierwotnych struktur sedymentacyjnych (np. warstwowanie piasków mioceńskich), choć przeważnie *en bloc* we wtórnym przypadkowym położeniu. Uważa się zwykle, że bryły te zostały w stanie zamrożonym zaasymilowane w osady niesione przez łądolód — choć proces tej asymilacji nie jest całkowicie jasny. Teoria struktur glacidynamicznych natomiast zakłada pobieranie mas osadów z podłoża w stanie plastycznym, nie zamrożonym. W wyniku ruchu lodu osady pobrane z podłoża nie ulegają wymieszaniu z osadami niesionymi przez łądolód, lecz jedynie ulegają zafałdowaniu bez zniszczenia pierwotnej struktury. Tak sprecyzowany proces ma tłumaczyć tworzenie się „struktur glacidynamicznych płynięcia” (J.A. Ławruszyn, 1976) — dużych form fałdowo-łuskowych zbudowanych z piasków, żwirów, mułków i ilów, przeważnie stromo zafałdowanych, tkwiących w obrębie kompleksów glin zwałowych. Są to struktury opisywane między innymi z terenu Polski (J. Ławruszyn, 1969; 1970a, b; 1976; S.Z. Różycki, 1970; K. Kopczyńska-Lamparska, 1974; K. Petelski, 1975; H. Ruszczyńska-Szenajch, 1978), a najbardziej podobne do struktur sedymentacyjnych zaburzonych glacitektonicznie opisanych przez autora z terenu Służewa i Ursynowa. Zdaniem J.A. Ławruszyna (1969, 1976) „struktury glacidynamiczne płynięcia” powstają we wczesnej fazie tworzenia się moreny dennej, w „fazie transportu”, gdy lód jest nasycony materiałem skalnym w stopniu nie ograniczającym jego plastyczności. Przeciążenie lodu materiałem skalnym powoduje zmniejszenie jego plastyczności i przejście do „fazy sedymentacji”, w której powstają już tylko drobne „struktury glacidynamiczne kondensacji”, szliry, drobne zaburzenia wokół większych głazów itp. Wynika więc z tego, że materiał z podłoża był asymilowany przez plastyczny lód zawierający nieznaczna ilość rozproszonego materiału skalnego, co wydaje się pozostawać w zgodzie z obserwacjami poczynionymi we współczesnych lodowcach. Przykłady „struktur glacidynamicznych z płynięcia” np. z Mocht (J.A. Ławruszyn, 1969, 1970a, b, 1976; S.Z. Różycki, 1970), to kilkumetrowe stromo stojące fałdy przechodzące w łuski, w których osady z podłoża są plastycznie wygięte o nie zniszczonej, a jedynie zafałdowanej strukturze. Tkwią one w zwartym kompleksie gliny zwałowej, tworząc z nią ostre granice. Powstałe więc pytanie, w jaki sposób struktury te — pobrane z podłoża i „wciągnięte” w plastyczny lód o nieznacznej zawartości materiału skalnego — mogły przetrwać w nie zmienionej formie fazy „transportu” i „koncentracji” materiału skalnego w lodzie, aż do fazy sedymentacji.

Zagadnienie możliwości przetrwania pierwotnych struktur sedymentacyjnych w osadach pobranych z podłoża w trakcie płynięcia lodu jest, zdaniem autora, jednym z podstawowych zastrzeżeń do teorii struktur glacidynamicznych. Niestety, w żadnej z cytowanych prac o strukturach glacidynamicznych nie poświęca się tej sprawie dostatecznej uwagi. Zamieszczone ilustracje również zwykle nie pozwalają stwierdzić występowania lub braku warstwowania osadów wyselekcjonowanych występujących w postaci soczewek lub warstw w obrębie glin zwałowych. J.A. Ławruszyn (1969) przedstawiając profil z okolicy Moskwy stwierdza, że w procesie wciągania w morenę denną aluwialnych piasków podłoża zanika ich pierwotne warstwowanie zmarszczkowe. Zdaniem autora szczegółowa analiza struktur warstwowych oraz charakteru powierzchni zażębnienia się osadów mo-

renowych z wyselekcjonowanymi jest pierwszoplanowym warunkiem przedstawienia koncepcji genetycznej wszelkich struktur obserwowanych w obrębie gliny zwałowej. Przypadki występowania w obrębie glin zwałowych soczewek osadów warstwowych są zwykle tłumaczone jako kry i porwaki, zaasymilowane przez łądolód w stanie zamrożonym z podłoża. Jest to oczywiście uproszczenie zagadnienia.

ZASTRZEŻENIA DO INTERPRETACJI NIEKTÓRYCH STRUKTUR KOPALNYCH JAKO GLACIDYNAMICZNE

Mimo zastrzeżeń i wątpliwości dotyczących teorii struktur glacydynamicznych, obecny stan wiedzy o współczesnych lodowcach a także efekty działalności łądolodów kontynentalnych w plejstocenie pozwalają stwierdzić, iż dynamika ruchu lodu w niewątpliwy sposób wpływa na teksturę i strukturę osadów morenowych, w szczególności w subglacialnej i w mniejszym stopniu w inglacialnej strefie ich transportu i sedymentacji. Niewątpliwie glacydynamiczny (w rozumieniu badaczy radzieckich) charakter ma uporządkowanie orientacji przestrzennej głązków oraz powstanie foliacji w glinach zwałowych. Niewątpliwy jest również fakt pobierania i asymilowania przez łądolód kier podłoża, a w sprzyjających warunkach kry te mogły być odkształcone w trakcie ruchu lodu wraz z niesionym w dennej strefie łądolodu materiałem morenowym (J.A. Ławruszyn, 1976; J. Shaw, 1977b). Przy czym wydaje się, że bardziej prawdopodobną jest teoria przymarzania do stopy łądolodu zamrożonych kier osadów podłoża i asymilowania ich przez warstwowe przesunięcia się lodu, niż teoria plastycznego wciągania rozmarzniętych osadów podłoża w plastycznie odkształcające się osady moreny dennej.

Podczas gdy spągowa strefa kompleksu osadów morenowych, jako sztucznie graniczna dla procesów glacitektonicznych w podłożu i glacydynamicznych wewnątrz łądolodu, może być przedmiotem dyskusji, to występowanie dużych struktur wypełnionych osadami wyselekcjonowanymi w obrębie wyższych części kompleksu morenowego nie może być, zdaniem autora, interpretowana procesami glacydynamicznymi. Wyjątki stanowić mogą kry podłoża włączone w stanie zamrażania w osady morenowe, wytapiane z lodu wraz z gliną zwałową.

Zastrzeżenia budzi również zaklasyfikowanie szeregu struktur zaburzeniowych o dość wyraźnie „tektonicznym charakterze” do struktur glacydynamicznych, powstających w wyniku plastycznego płynięcia lodu. Na przykład S.Z. Różycki (1970) opisuje charakterystyczne wciśnięcia spągowych części warstw gliny zwałowej w podległe piaski w postaci „ostro zakończonych klinów, a także potrzaskanych łusek”, przy czym warstwowane piaski są zgodnie z tymi wciśnięciami załadowane i rozcięte. Jednocześnie zaobserwowano „warstwy złożone z mechanicznie pokruszonych... odłamków glin zwałowych, tkwiących w silniej rozartym spoiwie gliniastym, do złudzenia przypominającym swoją strukturą brekcje”... „Wszystkie omówione wyżej fakty przemawiają za tym, że uławicenie glin formowało się w wyniku procesów dynamicznych jeszcze w czasie tworzenia się poziomu morenowego, a nie w wyniku wtórnego jego komprymowania i dyslokowania, ani też procesów glacitektonicznych”, przy czym osady znajdowały się „w stanie rozmarzniętym... tuż pod stopą łądolodu, gdzie panowała temperatura powyżej 0°C”. Cytat powyższy przytoczono z uwagi na fakt, iż opisywane i prezentowane na rysunkach przez S.Z. Różyckiego (1970) struktury współwystępowania gliny zwałowej, żwirów, piasków i mułków są bardzo podobne do zbadanych na terenie Służewa i Ursynowa, lecz interpretowanych całkowicie odmiennie, jako sedymentacyjne, miejscami zaburzone glacitektonicznie (W. Morawski — praca (a) w druku). Interpretacja ta jest oparta na występowaniu obok siebie struktur sedy-

mentacyjnych w położeniu pierwotnym i w położeniu wtórnym – glacitektonicznym. Zarówno ten podstawowy fakt, jak i szereg danych przytoczonych w niniejszym opracowaniu wyklucza możliwość interpretowania struktur z terenu Służewa i Ursynowa jako odziedziczone po lodzie a utworzone z osadów pobranych z podłoża i włączonych w serię osadów morenowych.

Ze względu na duże podobieństwo struktur glacydynamicznych płynięcia (J.A. Ławruszyn, 1969, 1970a, 1970b, 1976; S.Z. Różycki, 1970) z zafałdowanymi glacitektonicznie strukturami sedymentacyjnymi nasuwa się wniosek, że odróżnienie tych dwóch odmiennych genetycznie typów struktur wymaga prowadzenia bardzo szczegółowych i wielostronnych obserwacji. Zarówno ten wniosek, jak i przytoczone powyżej zastrzeżenia do teorii struktur glacydynamicznych nakazują dużą ostrożność przy interpretowaniu struktur zaburzeniowych jako glacydynamiczne, a tym bardziej przy interpretowaniu stratygrafii na ich podstawie. I tak np. stratygraficzne ujęcie profilu glin zwałowych z rejonu Trzebiatowa (K. Kopczyńska-Lamparska, 1974), dokonane między innymi na podstawie występowania poziomów zaburzeń uważanych za glacydynamiczne, zostało podważone wynikami analiz petrograficznych glin zwałowych (J. Rzechowski, 1977; R. Racinowski, A. Sochan, 1978).

METODYKA GENETYCZNEJ KWALIFIKACJI STRUKTUR OSADÓW WODNOMORENOWYCH

Obok określenia pozycji stratygraficznej najważniejszym celem badania różnorodnych osadów, a szczególnie plejstocenijskich, jest określenie ich genezy. Dotyczy to zarówno samych osadów, jak i struktur w jakich występują. Dla osiągnięcia tego celu istotna jest umiejętność uchwycenia cech najbardziej diagnostycznych, pozwalających na możliwie jednoznaczne ustalenia. Wydaje się więc być celowym podanie metod rozpoznawania osadów wodnomorenowych, jak również metod odróżniania pierwotnych struktur sedymentacyjnych osadów wodnomorenowych oraz tych samych struktur zaburzonych glacitektonicznie od struktur glacydynamicznych.

Analizę odsłoneń należy poprzedzić określeniem sytuacji morfologicznej. Wszystkie formy rzeźby polodowcowej mogą być w całości lub częściowo zbudowane z osadów wodnomorenowych. Przy analizowaniu odsłoneń w pierwszym rzędzie należy zwrócić uwagę na jednorodność litologiczną osadów. Szczegółowego przesłedzenia wymagają wtrącenia, soczewki i przewarstwienia wysegregowanych osadów występujące w obrębie kompleksu glin zwałowych. Podobnie należy przesłedzić wszelkie warstwy, przemazy i soczewki gliny zwałowej w obrębie osadów żwirowych, piaszczystych lub mułkowo-ilastych. W przypadku stwierdzenia tego rodzaju zróżnicowanego litologicznie profilu, należy możliwie szczegółowo rozpoznać przebieg warstw i soczewek, ich orientację przestrzenną i kształt oraz formy ząbienia się odmiennych litologicznie osadów. Szczegółowej analizie należy poddać powierzchnie stropowe i spągowe warstw gliny zwałowej oraz wszelkie formy stwierdzonych zaburzeń. Dalsze obserwacje należy skoncentrować na cechach strukturalnych osadów. Podstawowym zagadnieniem jest analiza typów warstwowań we wszystkich formach występowania żwirów, piasków, mułków i ilów a także w glinie zwałowej. Szczególną uwagę należy zwracać na ewentualne zaburzenia warstwowania w obrębie poszczególnych warstw osadów, analizując stopień odkształcenia pierwotnych struktur sedymentacyjnych, zasięg pionowy i poziomy zaburzeń oraz wergencję zafałdowań. Dokonanie wszystkich tych obserwacji wymaga starannego przygotowania odsłoneń – oczyszczenia i wyrów-

niania ścian, jak również analizowania ścian różnie zorientowanych. Analiza ta zwykle więc wymaga prowadzenia prac ziemnych. Dalsze badania obejmują analizę cech teksturalnych osadów, zarówno w terenie — jak np. orientacja dłuższych osi głazików w glinach zwałowych, jak również metodami laboratoryjnymi w pobranych próbkach, np. skład petrograficzny żwirów w glinach zwałowych i w przewarstwieniach żwirowych, analiza obtoczenia ziarn kwarcu w piaskach itp.

W przypadku występowania różnych typów litologicznych osadów zarówno w profilu pionowym, jak i poziomym przekroju należy stwierdzić czy osady te leżą na sobie zgodnie — kontaktami sedymentacyjnymi — a więc czy reprezentują sekwencję sedymentacyjną. Pozytywna odpowiedź na to pytanie będzie wskazywała na zdefiniowanie badanej serii osadów jako wodnomorenowe. Należy jednocześnie wykluczyć możliwość występowania kier i porwaków osadów starszych przyniesionych przez dany łańdół. Dodatkowymi argumentami będą wyniki badań laboratoryjnych, które powinny potwierdzić wzajemne pokrewieństwo genetyczne badanych osadów a wykluczyć możliwość pochodzenia osadów z podłoża. Jeśli przytoczony powyżej zestaw badań pozwoli stwierdzić, iż mamy do czynienia z osadami wodnomorenowymi, osadzonymi przez wody roztopione oraz spływy błotne, pozostaje do rozwiązania zagadnienie miejsca sedymentacji: na lodzie, wewnątrz lodu, czy pod lodem. Rozwiązanie tego problemu wymaga przeważnie rozległych dobrych odśnieżeń oraz szczegółowego rozpoznania przestrzennego rozmieszczenia osadów, zarówno w profilu stratygraficznym jak i względem form rzeźby polodowcowej.

Obok zaburzeń wewnątrzwarstwowych należy bardzo szczegółowo przeanalizować wszelkie formy zaburzeniowe, w których obrębie występują osady litologicznie zróżnicowane. Podstawowe dane, jakie należy uzyskać o stwierdzonych zaburzeniach, to: zasięg pionowy zaburzeń — szczególnie w odniesieniu do profilu stratygraficznego; orientacja przestrzenna badanych form; stopień przemodelowania pierwotnych struktur sedymentacyjnych. W przypadku ograniczenia struktur zaburzeniowych do strefy spągowej serii osadów morenowych należy rozpatrzyć możliwość ich interpretacji jako glacydynamiczne, przy czym osady zaburzone mogą częściowo pochodzić z podłoża. W przypadku wykluczenia takiej możliwości należy brać pod uwagę interpretację osadów jako utworzonych w kawernach i szczelinach wewnątrz lodu — w jego dennej strefie przepelnionej materiałem morenowym. W takim przypadku jest teoretycznie możliwe zaburzenie osadów wypełniających kawernę przez dalszy ruch lodu. Powstałe w wyniku takiego procesu struktury zaburzeniowe należałoby uważać za glacydynamiczne — odziedziczone po lodzie. Jeśli natomiast można stwierdzić — tak jak to ma miejsce na terenie Służewa i Ursynowa — że zaburzony jest zgodnie kompleks osadów glacialnych i interglacialnych, zaburzenia należy uważać za wtórne — glacitektoniczne.

Powyższy tok postępowania dotyczy badań w odśnieżeniach. Dane pochodzące z wierceń stanowią cenne uzupełnienie, szczególnie odnośnie położenia badanych osadów w profilu stratygraficznym, ich zasięgu pionowego, jak również zasięgu struktur zaburzeniowych. Niezależnie od tego rozpoznanie osadów wodnomorenowych jest możliwe w profilach starannie opróbowanych wierceń. W kolejnych otworach zlokalizowanych blisko siebie, np. geologiczno-inżynierskich, a nawet głębokich sondach penetracyjnych. W przypadku stwierdzenia wyjątkowej nieciągłości warstw, występowania ich na zmiennych poziomach, jak również występowania zmienności litologicznej w poszczególnych poziomach można przypuszczać, że mamy do czynienia z serią osadów wodnomorenowych, których charakterystyczną cechą jest właśnie nieciągłość i zmienność litologiczna. W badaniach tego rodzaju pomocne jest precyzyjne pomierzenie i zestawienie na przekrojach

poziomu zwierciadła wody gruntowej w poszczególnych wierceniach, i to zarówno nawierconego, jak i ustabilizowanego. Stwierdzenie stabilizowania się wody w kolejnych wierceniach na różnej wysokości, przy pozornej ciągłości warstw wodonośnych i ekranujących, powinno nasuwać przypuszczenie, iż w rzeczywistości mamy do czynienia raczej z izolowanymi soczewkami niż ciągłymi poziomami. Należy oczywiście pamiętać, że podobne efekty dają np. struktury glaciektoniczne. Jako konieczny sprawdzian przy braku odsłoneń niezbędne jest wykonanie wystarczająco rozległych wkopów.

Na zakończenie przytoczonych powyżej wskazówek rozpoznania osadów wodnomorenowych należy stwierdzić, że im pełniejszy zakres badań zostanie przeprowadzony, tym większa jest, oczywiście, pewność prawidłowej interpretacji genetycznej osadów i ich struktur. Niemniej istnieje szereg cech osadów wodnomorenowych stosunkowo łatwych do zaobserwowania, które w jednoznaczny sposób określają genezę osadów i tworzonych przez nie struktur. Szczególnie ważne jest – jak to już podkreślono kilkakrotnie – warstwowanie osadów wysegregowanych. Stwierdzenie występowania przewarstwień lub soczewek gliny zwałowej w obrębie warstwowanych i nie zaburzonych osadów, przy sedimentacyjnych kontaktach między gliną zwałową a tymi osadami, przeważnie pozwala na jednoznaczną interpretację osadów jako wodnomorenowe. Podobnie, dobrze wykształcone struktury spływowo, w niewielkich nawet odsłonięciach gliny zwałowej, mogą być wystarczające do prawidłowej interpretacji genetycznej.

Zakład Zdjęć i Map Geologicznych
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 26 listopada 1980 r.

PIŚMIENNICTWO

- BOULTON G.S. (1968) – Flow tills and related deposits on some Vestspitsbergen glaciers. *Jour. of Glaciology*, 7, p. 391–412, no. 51.
- BOULTON G.S. (1972) – Modern arctic glaciers as depositional models for former ice Sheets. *Jour. Geol. Soc.*, 128, part 4, p. 361–393.
- BOULTON G.S. (1976) – A genetic classification of tills and criteria for distinguishing tills different origin. *Zesz. Nauk. Uniw. A. Mickiewicza w Poznaniu, Geografia*, 12, p. 65–80.
- EVENSON E.N., DREIMANIS A., NEWSOME W. (1977) – Subaquatic flow tills: a new interpretation for the genesis of some laminated till deposits. *Boreas*, 6, p. 115–133, no. 2.
- FLINT R.E. (1957) – *Glacial and pleistocene geology*. New York.
- FLINT R.F. (1971) – *Glacial and Quaternary geology*. New York.
- HARTSHORN J.H. (1958) – Flowtill in southeastern Massachusetts. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 69, p. 477–482.
- KOPCZYŃSKA-LAMPARSKA K. (1974) – Geneza i stratygrafia glin zwałowych klifu okolic Rewala. *Zesz. Nauk. Uniw. A. Mickiewicza w Poznaniu, Geografia*, 10, p. 167–176.
- MARCUSSEN I. (1973) – Studies on flow till in Danmark. *Boreas*, 2, p. 213–231, no. 4.
- MORAN S.R. (1971) – Glaciotectionic structures in drift. *Til. A symposium*. In: R.P. Goldthwait ed. Ohio State University Press, p. 127–148.
- MORAWSKI W. (1976) – Flow tills from the area of Warsaw. *Zesz. Nauk. Uniw. A. Mickiewicza w Poznaniu, Geografia*, 12, p. 133–137.
- MORAWSKI W. (praca a – w druku) – Osady wodnomorenowe. *Pr. Inst. Geol.*

- MORAWSKI W. (praca b – w druku) – Glacigenic pleistocene sediments of the watermoranic facies. *Biul. Inst. Geol.*
- PETELSKI K. (1975) – O budowie geologicznej gardzieńskiej moreny czołowej w odsłonięciach klifu pomiędzy Dębina a Poddebem na Pobrzeżu Zachodniopomorskim. *Zesz. Nauk. Wydz. Biol. Nauk o Ziemi UG, Geografia* (druk 1976), 5, p. 169–180.
- RACINOWSKI R., SOCHAN A. (1978) – Zastosowanie prostych metod statystycznych w badaniach petrograficznych glin zwałowych (na przykładzie materiału z klifu Trzęsacz-Niechorze). *Biul. Inst. Geol.*, 300, p. 177–195.
- RÓŻYCKI S.Z. (1970) – Dynamiczne uławiczenie glin zwałowych i inne procesy w dennej części moren lądolodów czwartorzędowych. *Acta Geol. Pol.*, 20, p. 561–586, nr 3.
- RUSZCZYŃSKA-SZENAJCH H. (1976) – Głacitektoniczne depresje i kry lodowcowe na tle budowy geologicznej południowo-wschodniego Mazowsza i południowego Podlasia. *Studia Geol. Pol.*, 50.
- RZECHOWSKI J. (1977) – Badania petrograficzno-litologiczne osadów czwartorzędowych. Opracowanie specjalne dla Szczeg. Mapy Geologicznej Polski, ark. Niechorze. *Arch. Inst. Geol. Warszawa.*
- SHAW J. (1977a) – Tills deposited in arid polar environments. *Canad. Jour. of Earth Sciences*, 14, p. 1239–1245, no. 2.
- SHAW J. (1977b) – Till body morphology and structure related to glacier flow. *Boreas*, 6, p. 189–201, no. 2.
- ЛАВРУШИН Ю.А. (1969) – Четвертичные отложения Шпицбергена. Москва.
- ЛАВРУШИН Ю.А. (1970a) – Отражение динамики движения ледника в строении донной морены. Литология и полезные ископаемые, 1, стр. 115–120. Москва.
- ЛАВРУШИН Ю.А. (1970b) – Опыт выделения фаций и субфаций в донной морене материкового оледенения. Литология и полезные ископаемые, 6, стр. 38–49. Москва.
- ЛАВРУШИН Ю.А. (1976) – Строение и формирование основных морен материковых оледенений. Москва.
- РУЩИНСКА-ШЕНАЙХ Г. (1978) – Процессы, сопровождающие осадконакопление в зоне контакта морены и коренных пород и приводящие к формированию мелких ледниковых отторженцев. В: Основные морены материковых оледенений. (Материалы международного симпозиума). Геол. Инст. АН СССР.
- ШАНЦЕР Е.В. (1966) – Оценка учения о генетических типах континентальных осадочных образований. Москва.
- ШУМСКИЙ П.А. (1955) – Основы структурного ледоведения. Москва.

Войцех. МОРАВСКИ

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОСАДКОВ МОРЕННЫХ ВОД И ТЕОРИЯ ГЛЯЦИОДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Резюме

Комплексы осадков моренных вод состоят из: смывной валунной глины, осаждаемой грязевыми потоками, и слоистых осадков вытаявания — отложения талых вод. Породы моренных вод осаждаются в период дегляциации на поверхности материкового ледника на подступах к нему, в трещинах и кавернах внутри ледника и подо льдом, а также в проталинах между глыбами мёртвого льда. Отложения моренных вод представлены: слоистыми комплексами смывной валунной глины, литологически изменчивыми пластами не имеющими для стратиграфии большого значения, накладывающимися друг на друга разной величины линзалш, слоистыми ком-

плексами пород вытаявания, содержащими линзы и глыбы смывной валунной глины. Характерными являются смывные структуры, являющиеся результатом стекания и постепенной стабилизации пластичных, насыщенных водой горных пород.

Большое сходство седиментационных и синседиментационных структур осадков моренных вод и тех же структур, преобразённых гляциотектоникой с гляциодинамическими структурами, служит автору основанием для критического высказывания по поводу теории гляциодинамических структур.

Замечания по теории гляциодинамических структур касаются в основном механизма отрыва осадков от основания материкового ледника и их сохранности в ненарушенном состоянии во время переноса материковым ледником. По мнению автора ряд структур, считавшихся до сих пор гляциодинамическими, являются структурами седиментационными или гляциотектоническими, нарушающими седиментационные структуры осадков ледниковых вод.

Для правильной генетической оценки отдельных структур ледниковых вод необходимо провести многостороннее их изучение, охватывающее главным образом: текстурные особенности пород на основании анализа их зернистости, окатанности и петрографического состава, а также ориентировки длинных осей валунычиков; форму структур и их взаимоотношения; характер нарушений и их глубинное распространение и степень нарушенности отдельных пластов пород.

Wojciech MORAWSKI

SEDIMENTARY STRUCTURES IN WATERMORAINIC PLEISTOCENE DEPOSITS VERSUS THE THEORY OF GLACIDYNAMIC STRUCTURES

Summary

The complexes of watermorainic deposits are formed of flow tills deposited by mudflows and stratified meltwater sediments deposited by meltwater. Watermorainic deposits originate during deglaciation at the surface of an icesheet, in its forefield, fissures and caverns inside and beneath icesheet, and melted-out passages between dead-ice blocks. They are represented by stratified complexes of flow tills, layers varying in lithology and without any stratigraphic value, interfingering lenses varying in size, as well as stratified complexes of meltwater sediments with flow-till lenses and blocks. Characteristic structures are those of the flow type, resulting from plastic flow and gradual stabilization of water-saturated rock material.

A marked similarity of sedimentary and syndimentary structures of watermorainic deposits and the same structures modified by glacitectonic processes to so-called glacidynamic structures is the basis of the objections raised by the author against the theory of glacidynamic structures.

The objections raised against glacidynamic structures are mainly centred on the mechanism of gathering deposits from icesheet basement and their preservation in undisturbed form during transport in the icesheet. According to the author, several structures hitherto regarded as glacidynamic display the nature of sedimentary structures or glacitectonic ones which disturb the sedimentary structures in watermorainic deposits.

An appropriate genetic interpretation of individual structures in glacial deposits requires multi-directional studies which should primarily concern textural properties of the deposits (with reference to results of analyses of grain-size distribution, roundness and petrographic composition of grains, and orientation of longer axes of boulders), geometry and interrelationships of structures, nature and vertical range of disturbances, and degree of involvement of individual sedimentary layers in disturbances.