

## Czy litostratygrafia glin lodowcowych może być przydatna dla stratygrafii czwartorzędu Polski?

Dariusz Gałązka\*, Leszek Marks\*, Ryszard Zabielski\*

*Na podstawie szczegółowych badań geologicznych przeprowadzonych w SW części Pojezierza Mazurskiego, przedstawiono uwagi o zastosowaniu uproszczonej analizy petrograficznej frakcji żwirowej (0,5–1,0 cm) w glinach lodowcowych dla celów litostratygraficznych. Stwierdzono, że taka analiza petrograficzna może odgrywać rolę jedynie pomocniczego kryterium stratygraficznego, w związku z czym nie może pomijać wyników badań geologicznych, a w szczególności paleontologicznych i chronostratygraficznych. Te ostatnie służą do ustanowienia profili stratotypowych, które mogą następnie stanowić podstawę dla odpowiednich korelacji litostratygraficznych. Znaczenie stratygraficzne mogą odgrywać tylko te pokłady glin zwałowych, w których określono zmienność litofacjalną oraz przeprowadzono analizę statystyczną dla oceny wiarygodności otrzymanych wyników. Zastosowanie litostratygrafii do celów paleogeograficznych (np. wyznaczenia zasięgu lądolodu) jest możliwe jedynie na podstawie wyników badań takich profili osadów, w których nie stwierdzono znaczącej roli procesów syn- i postsedymentacyjnych, a tym samym nie zawierają one poważnych luk stratygraficznych.*

**Słowa kluczowe:** czwartorzęd, litostratygrafia, analiza statystyczna

Dariusz Gałązka, Leszek Marks & Ryszard Zabielski — **Is a lithostratigraphic correlation of tills useful for the Quaternary stratigraphy of Poland?** Prz. Geol. 47: 261–265.

*Summary. Remarks on application of lithostratigraphy of tills are presented on the basis of detailed fieldworks near Dąbrówno in the southwestern Mazury Lakeland, being supplied with simplified petrography of selected samples of till gravels (0.5–1.0 cm) and their statistical analysis. Such a petrographic analysis of till gravels should act as an additional stratigraphic tool only. Thus, it must not lead to any conclusion that contradicts geological data, especially of palaeontologic and chronostratigraphic character. The latter determine the key sections which are the basis of reliable lithostratigraphic correlation. Stratigraphically significant are only the tills, whose genetic classification was taken into account, and whose calculated petrographic coefficients were statistically analysed. Application of lithostratigraphy to palaeogeography (e.g. determination of ice sheet limit) must be based on the sections which are located in the area, not affected by any syn- or postsedimentary destruction that could result in development of significant stratigraphic hiatuses.*

**Słowa kluczowe:** Quaternary, lithostratigraphy, statistical analysis

W ostatnich latach ukazuje się coraz więcej opracowań omawiających wyniki uproszczonej analizy petrograficznej frakcji żwirowej 0,5–1,0 cm występującej w glinach lodowcowych (np. Czerwonka & Krzyszkowski, 1994; Kenig, 1998; Krzyszkowski & Czerwonka, 1994; Lisicki, 1996, 1997, 1998a, b, c). Autorzy tych opracowań koncentrują się na wnioskach stratygraficznych wynikających z różnego składu petrograficznego analizowanej frakcji, co przedstawiane jest w postaci zestawu współczynników O/K-K/W-A/B, obliczonych na podstawie zawartości erytów skał skandynawskich, gdzie:

- O — reprezentuje skały osadowe,
- K — krystaliczne i kwarc tzw. północny (z rozkruszonych skandynawskich skał krystalicznych),
- W — skały węglanowe
- A — skały nieodporne na wietrzenie
- B — skały odporne na wietrzenie.

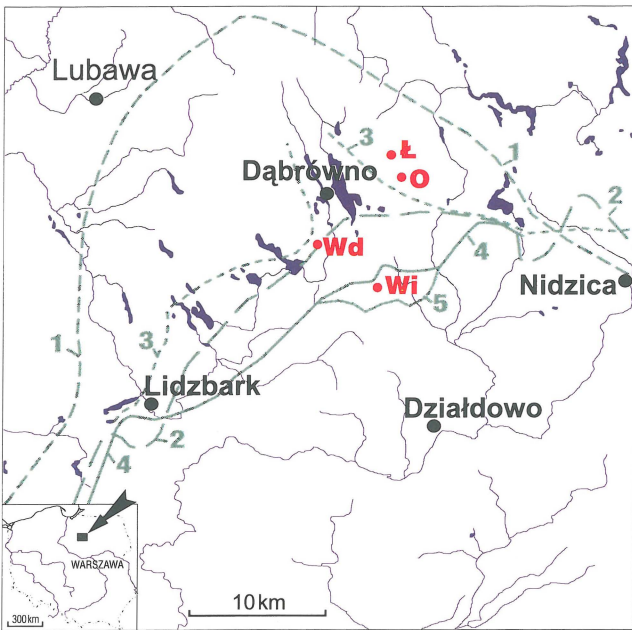
Ta zwiększająca się liczba prac poruszających zagadnienia litostratygrafii glin lodowcowych w Polsce wynika z pokaźnego nagromadzenia danych, zebranych w trakcie stosowania od ponad 20 lat jednolitej metodyki badań. Została ona wprowadzona jako standardowa i obligatoryjna (łącznie z innymi analizami uziarnienia, zawartości minerałów ciężkich, obtoczenia ziarn kwarcu oraz zawartości węglanu wapnia) przede wszystkim dla *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000*, w celu rozpozniomowania stratygraficznego glin lodowcowych (Rze-

chowski, 1974). Wobec braku dostatecznej liczby stanowisk z plejstocenijskimi osadami organicznymi, litostratygrafia stanowi podstawową metodę służącą do opracowywania próbek osadów, pobieranych głównie z rdzeni wierceń badawczych, jakie są wykonywane podczas prac kartograficznych. Podobna metodyka badań litostratygraficznych, różniąc się naturalnie w szczegółach, jest stosowana w trakcie prac kartograficznych realizowanych we wszystkich krajach europejskich, które były objęte przez plejstocenijskie zlodowacenia kontynentalne.

Wielość zebranych dotychczas danych analitycznych stwarza konieczność ich syntetycznego uporządkowania. Nie można traktować metody uproszczonej petrografii frakcji żwirowej glin lodowcowych jako metody uniwersalnej, a już szczególnie nie należy na jej podstawie podważać wiarygodności analizy pyłkowej, pełniącej dotychczas rolę wiodącą dla stratygrafii osadów plejstocenijskich Polski. Wartości współczynników petrograficznych muszą być zawsze rozpatrywane w nawiązaniu do rzeczywistych profili osadów, a więc należy uwzględniać w rozważaniach stratygraficznych obecność zarówno „niegliniastych” osadów rozdzielających jak i glin lodowcowych, dla których z takich czy innych względów (np. dostatecznej liczby ziarn żwiru odpowiedniej frakcji, zwieterzenia osadu nieumiejętnego oprobowania), analizy petrograficzne nie zostały wykonane.

W celu zilustrowania powyższych uwag zostaną przedstawione niektóre wyniki opracowania (Gałązka & Marks, 1997a), wykonanego dla arkusza Dąbrówno *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000* (Gałązka & Marks, 1997b). Wprawdzie wyniki analizy petrograficznej zostały za przyzwoleniem autorów już czę-

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa



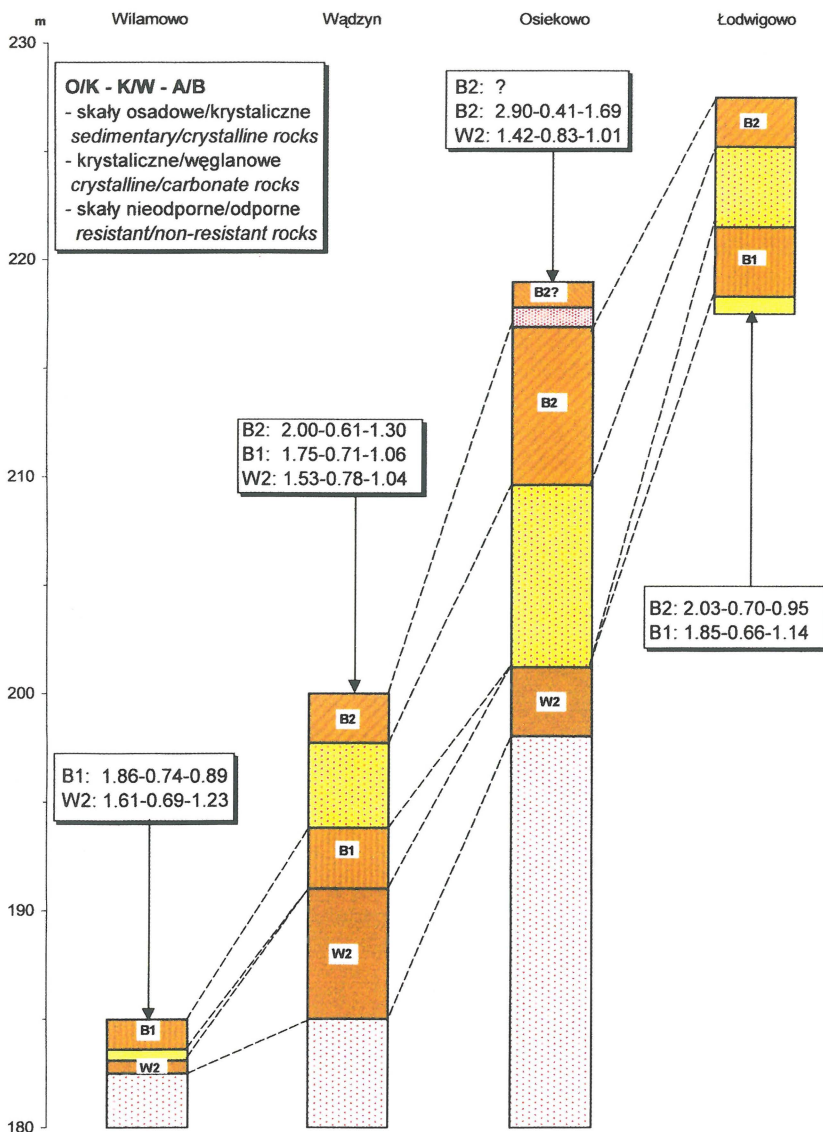
Ryc. 1. Zasięg łańdolodu ostatniego zlodowacenia w rejonie Dąbrówna według: 1 — Nechaya (1927), 2 — Kondrackiego (1952), 3 — Galona i Roszkówny (1967), 4 — Marksa (1984), 5 — Gałązki i Marksa (1997b). Zaznaczono lokalizację wybranych profili (por. ryc. 3): Ł — Łodwigowo, O — Osiekowo, Wd — Wądzyn, Wi — Wilamowo

Fig. 1. Ice sheet limit during the last glaciation near Dąbrówno after: 1 — Nechay (1927), 2 — Kondracki (1952), 3 — Galon & Roszkówna (1967), 4 — Marks (1984), 5 — Gałązka & Marks (1997b). Marked is location of the selected sections (cf. fig. 3): Ł — Łodwigowo, O — Osiekowo, Wd — Wądzyn, Wi — Wilamowo

przez wyniki prac geologicznych, wykonanych przez autorów w trakcie realizacji arkusza (Gałązka & Marks, 1997b).

### Przegląd wybranych profili z rejonu Dąbrówna

W trakcie opracowania arkusza Dąbrówno *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000* wykonano m.in. 5 wierceń badawczych oraz kilkadziesiąt płytkich sondowań typu WH, z których pobrane próbki glin lodowcowych zostały poddane wymienionej wyżej standardowej analizie petrograficznej (Gałązka & Marks, 1997a). Wobec braku stanowisk interglacjalnych osadów organicznych, w celu rozpozniomowania utworów czwartorzędu posiłkowało się wynikami analiz litostratygraficznych (Gałązka & Marks, 1997b). Szczególnie istotne znaczenie miało to dla glin lodowcowych młodszego plejstocenu, także ze względu na wyznaczany w tym rejonie (ryc. 1) maksymalny zasięg ostatniego zlodowacenia.



Ryc. 2. Wybrane profile osadów młodszego plejstocenu wraz z wartościami współczynników petrograficznych O/K-K/W-A/B dla analizowanych glin lodowcowych młodszego stadiału zlodowacenia warty (W2) oraz stadiału świcie (B1) i stadiału głównego (B2) zlodowacenia wisty

Fig. 2. Selected sections of the Late Pleistocene deposits with values of petrographic coefficients O/K-K/W-A/B for the analyzed tills of the younger stadial of the Warta Glaciation (W2), Świecie (B1) and Main Stadials (B2) of the Vistulian Glaciation

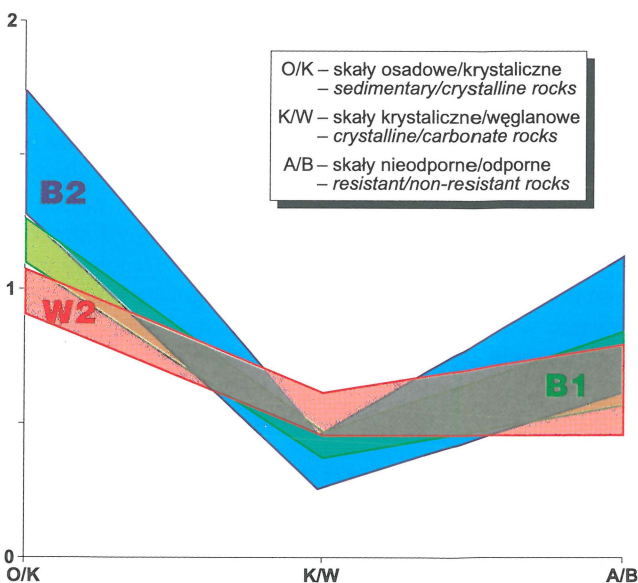
Tab. 1. Przedziały ufności dla wartości przeciętnej współczynników petrograficznych O/K, K/W i A/B w glinach lodowcowych młodszego stadiału zlodowacenia warty (W2) oraz stadiału świcia (B1) i stadiału głównego (B2) zlodowacenia wisły (por. ryc. 4)

Przedziały ufności ( $\alpha=0,05$ )				
Poziom stratygraficzny	Dane statystyczne	Współczynniki petrograficzne		
		O/K	K/W	A/B
B2	$x_{sr}$	2,26	0,56	1,29
	$S$	0,23	0,07	0,26
	$m$	2,14–2,37	0,53–0,60	1,16–1,42
B1	$x_{sr}$	1,84	0,68	1,10
	$S$	0,08	0,05	0,17
	$m$	1,80–1,88	0,66–0,71	1,01–1,20
W2	$x_{sr}$	1,57	0,79	1,00
	$S$	0,07	0,07	0,13
	$m$	1,53–1,61	0,76–0,83	0,93–1,07

$x_{sr}$  — wartość przeciętna wyliczona na podstawie próbek,  $S$  — odchylenie standardowe,  $m$  — przedziały ufności dla wartości przeciętnej całej populacji

W niniejszym artykule przedstawiono górne fragmenty trzech wybranych profili wierceń (Łodwigowo, Osiekowo, Wądzyn) i profil jednego odsłonięcia (Wilamowo). Przedmiotem rozważań są występujące w nich gliny lodowcowe, dla których obliczone zostały współczynniki petrograficzne (ryc. 2).

W górnej części profilu wiercenia Łodwigowo, wykonanego na wysoczyźnie polodowcowej, występują dwie gliny lodowcowe rozdzielone osadami fluwioglacjalnymi (ryc. 2). Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B wynoszą 1,85-0,66-1,14 dla gliny dolnej i 2,03-0,70-0,95 dla gliny górnej. Lisicki (1998c) wiąże glinę dolną ze sta-



Ryc. 3. Przedziały wartości współczynników petrograficznych O/K-K/W-A/B dla najmłodszej gliny lodowcowej zlodowacenia warty (W2) oraz glin lodowcowych stadiału świcia (B1) i stadiału głównego (B2) zlodowacenia wisły (na podstawie kwalifikacji Lisickiego, 1998c)

Fig. 3. Range intervals of petrographic coefficients O/K-K/W-A/B for the younger till of the Warta Glaciation (W2) and two tills of the Świecie (B1) and Main Stadials (B2) of the Vistulian Glaciation (with stratigraphic classification of Lisicki, 1998c)

diałem starszym (B1), zaś glinę górną ze stadiem młodszym (B2) zlodowacenia wisły.

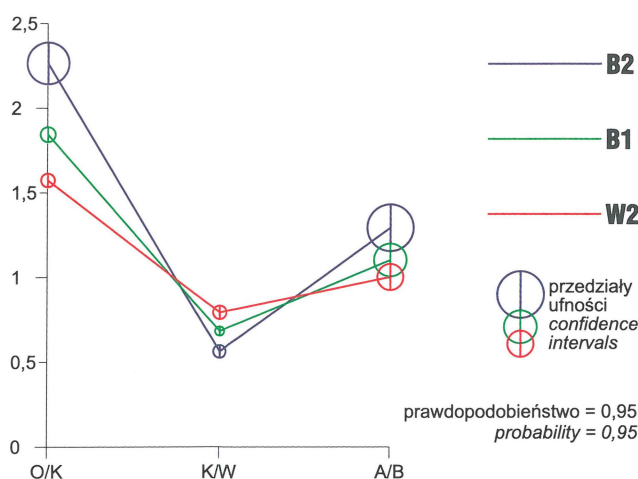
W górnej części profilu wiercenia Osiekowo, wykonanego na tej samej wysoczyźnie polodowcowej, występują trzy gliny lodowcowe rozdzielone osadami fluwioglacjalnymi (ryc. 2). Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B obliczono tylko dla gliny dolnej i środkowej, odpowiednio 1,42-0,83-1,01 i 2,90-0,41-1,69. Lisicki (1998c) wiąże glinę dolną ze stadiem młodszym (W2) zlodowacenia warty, a glinę środkową ze stadiem młodszym (B2) zlodowacenia wisły.

W górnej części profilu wiercenia Wądzyn, wykonanego na wysoczyźnie polodowcowej, występują trzy gliny lodowcowe, z których środkowa i górna są oddzielone osadami fluwioglacjalnymi (ryc. 2). Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B wynoszą 1,53-0,78-1,04 dla gliny dolnej, 1,75-0,71-1,06 dla gliny środkowej oraz 2,00-0,61-1,30 dla gliny górnej. Lisicki (1998c) wiąże glinę środkową ze stadiem starszym (B1), zaś glinę górną ze stadiem młodszym (B2) zlodowacenia wisły.

W odsłonięciu Wilamowo położonym na wysoczyźnie polodowcowej występują dwie gliny lodowcowe, rozdzielone osadami fluwioglacjalnymi (ryc. 2). Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B wynoszą 1,61-0,69-1,23 dla gliny dolnej i 1,86-0,74-0,89 dla gliny górnej. Lisicki (1998c) wiąże glinę dolną ze stadiem młodszym (W2) zlodowacenia warty, zaś glinę górną ze stadiem starszym (B1) zlodowacenia wisły.

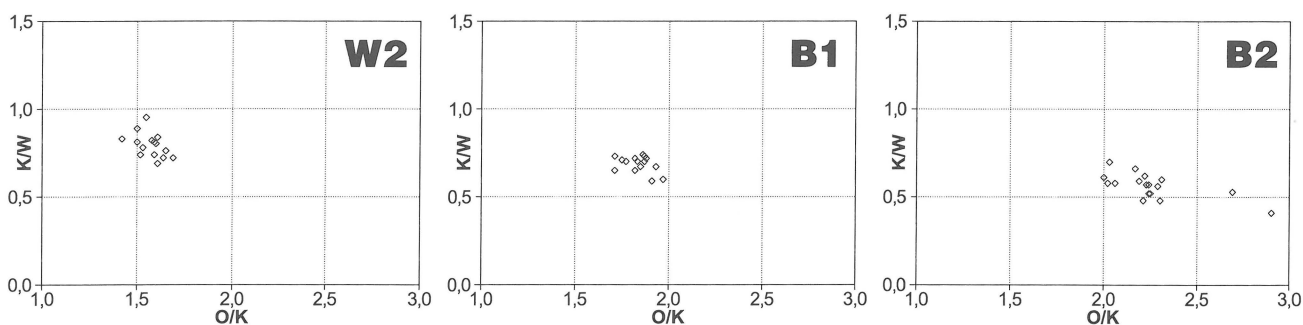
#### Analiza wyników i dyskusja

Próbę określenia pozycji stratygraficznej glin lodowcowych w rejonie Dąbrówna wyłącznie na podstawie wartości współczynników petrograficznych O/K-K/W-A/B przedstawił Lisicki (1998c). Zakwalifikował on trzy najmłodsze gliny lodowcowe tego obszaru, odpowiednio do młodszego stadiału zlodowacenia warty (W2) oraz star-



Ryc. 4. Przedziały ufności dla wartości przeciętnej współczynników petrograficznych O/K-K/W-A/B w glinach lodowcowych młodszego stadiału zlodowacenia warty (W2) oraz stadiału świcia (B1) i stadiału głównego (B2) zlodowacenia wisły (por. tab. 1)

Fig. 4. Confidence intervals for mean values of petrographic coefficients O/K-K/W-A/B for the tills of the Warta Glaciation (W2), Świecie (B1) and Main Stadials (B2) of the Vistulian Glaciation (cf. Table 1)



Ryc. 5. Relacje pomiędzy współczynnikami petrograficznymi O/K i K/W w glinach lodowcowych: W2 — młodszego stadiału zlodowacenia warty, B1 — stadiału świciecia, B2 — stadiału głównego zlodowacenia wisły

Fig. 5. Relations between the petrographic coefficients O/K and K/W for the tills of W2 — Warta Glaciation, B1 — Świecie Stadial (B1) and B2 — Main Stadial of the Vistulian Glaciation

szego (B1) i młodszego (B2) stadiału zlodowacenia wisły, jak również wyznaczył na podstawie rozprzestrzenienia litotypów poszczególnych glin lodowcowych zasięg lądolodu stadiału młodszego zlodowacenia wisły (Lisicki 1998c). Określił także przedziały wartości współczynników petrograficznych O/K-K/W-A/B odpowiednich glin lodowcowych (por. ryc. 3).

Przedstawione w niniejszym artykule profile są reprezentatywne dla zbadanego obszaru. Charakterystyczne jest występowanie najmłodszej z glin lodowcowych jedynie w N i W części terenu. Odpowiada to w przybliżeniu zasięgowi ostatniego lądolodu w tym rejonie Pojezierza Mazurskiego (por. ryc. 1) oraz jest niesprzeczne z ostatnio przeprowadzonymi szczegółowymi pracami geologicznymi (Gałązka & Marks, 1997b). W związku z tym, można uznać najmłodszą glinę lodowcową za odpowiednik stadiału głównego (leszczyńsko-pomorskiego) zlodowacenia wisły (B2 według Lisickiego, 1998c).

Pozycję stratygraficzną gliny lodowcowej dolnej można określić na podstawie korelacji z rejonem Nidzicy, gdzie podściela niewątpliwe osady interglacjału eemskiego — datowane paleobotanicznie (por. Morawski, 1997; Morawski i in., 1998, 1999). Odpowiada ona młodszemu stadiałowi zlodowacenia warty (W2 według Lisickiego, 1998c).

Najwięcej kontrowersji budzi pozycja stratygraficzna gliny lodowcowej środkowej. Jej przynależność do stadiału świciecia zlodowacenia wisły postulowana przez Lisickiego (1998c) w oparciu o jakoby charakterystyczne wartości współczynników petrograficznych, jest oparta na bardzo wątych podstawach. Korelacja z arbitralnie uznanym za stratotypowy rejonem Pojezierza Mrągowskiego (Lisicki, 1998c) nie jest właściwa, gdyż wprawdzie występuje tam tak zdefiniowany litotyp gliny B1, ale nigdzie nie znajduje się on ponad jednoznacznie określonymi i nie budzącymi wątpliwości natury stratygraficznej osadami interglacjału eemskiego (por. Lisicki, 1997). Jedynym obszarem, gdzie można by ewentualnie oczekiwać stwierdzenia klarownej pozycji stratygraficznej litotypu gliny lodowcowej B1 jest rejon Doliny Dolnej Wisły, ale dotychczas nie zostały tam przeprowadzone regionalne badania litostratygraficzne.

W obecnym stanie wiedzy, środkowa z omawianych glin lodowcowych może być skorelowana z tzw. stadiałem mławy (Michalska, 1961b), który uważany jest na ogół za ostatnią większą oscylację lądolodu zlodowacenia warty (por. Krupiński & Marks, 1993). Jest to zgodne ze stwierdzoną wyraźną odrębnością stratygraficzną tej gliny lodowcowej na całym obszarze od Mławy i Ciechanowa

(Michalska, 1961a, 1967) po okolice Lidzbarka Welskiego, Ostródy i Olsztyna (Marks, 1984, 1988, Krupiński & Marks, 1993). Natomiast powiązanie stadiału mławy ze zlodowaceniem warty nie jest całkiem pewne (np. Michalska, 1961b) tym bardziej, że ostatnio pojawiły się nowe fakty natury geologicznej i geomorfologicznej (Gałązka i in., 1998a, b).

Z pewnością zawężenie tego zagadnienia wyłącznie do rozważań opartych o wartości współczynników petrograficznych O/K-K/W-A/B (Lisicki, 1998c), jak również wyznaczanych litotypów glin lodowcowych w niejasnej pozycji stratygraficznej (Lisicki, 1997), nie przybliży nas do rozwiązania przedstawionego problemu. Natomiast bezwarunkowo powinny być brane pod uwagę wyniki szczegółowych badań sedimentologicznych, w tym przede wszystkim analizy litofacjalnej glin lodowcowych (co umożliwi uwzględnianie w dociekaniach litostratygraficznych wyłącznie glin z wytopienia). Niezbędna jest również dogłębna analiza statystyczna, która pozwalałaby określić czy wyznaczane przedziały wartości współczynników petrograficznych O/K-K/W-A/B dla wyróżnianych litotypów glin lodowcowych mieszczą się w granicach błędów lub czy są statystycznie znaczące. Zwyczajne zestawienie przedziałów poszczególnych współczynników petrograficznych wskazuje (ryc. 3), że jedynie dla gliny lodowcowej związanej ze zlodowaceniem warty te współczynniki dość dobrze się wyodrębniają. O wiele gorsze jest zróżnicowanie współczynników petrograficznych dla stadiałów zlodowacenia wisły — jedynie w przypadku wskaźnika O/K zaznacza się dość wyraźna odrębność, zaś dla pozostałych — przedziały są praktycznie identyczne.

#### Analiza statystyczna

Przedstawiony w postaci zestawu współczynników skład petrograficzny frakcji żwirowej, zawartej w przedstawionych glinach lodowcowych, wskazuje według Lisickiego (1998c) na ich odrębność petrograficzną. Różnice między współczynnikami mogą być jednak przypadkowe, zwłaszcza że dysponujemy tzw. małymi próbkami (tj. <30 elementów). W celu wykluczenia takiej możliwości, sprawdzano statystycznie istotność różnic pomiędzy uzyskanymi wynikami, przez obliczenie przedziałów ufności dla wartości przeciętnej współczynników ( $m$ ) w całej populacji (tab. 1, ryc. 4). Obliczeń dokonano w oparciu o rozkład zmiennej  $t$ -Studenta — przy sprawdzonym założeniu, że populacja tworzy rozkład normalny:

$$P\left\{x_{sr} - \frac{t_{\alpha} S}{\sqrt{n-1}} < m < x_{sr} + \frac{t_{\alpha} S}{\sqrt{n-1}}\right\} = 1 - \alpha$$

gdzie:  $P$  — prawdopodobieństwo,  
 $m$  — wartość przeciętna całej populacji,  
 $x_{sr}$  — wartość przeciętna wyliczona na podstawie próbek,

$t_{\alpha}$  — wartość zmiennej losowej rozkładu  $t$ -Studenta dla  $k = n - 1$  stopni swobody,

$S$  — standardowe odchylenie,

$n$  — liczba próbek danej gliny lodowcowej,

$\alpha$  — poziom istotności.

Obliczone parametry statystyczne wykazują, że dla analizowanego obszaru:

— gliny lodowcowe W2, B1, B2 reprezentują litotypy o różnym składzie petrograficznym frakcji żwirowej 0,5–1,0 cm (ryc. 4),

— wartości przeciętne współczynników O/K i K/W wykazują istotne różnice we wszystkich badanych poziomach glin lodowcowych, tj. W2, B1, B2 (ryc. 5, tab. 1),

— wartości przeciętne współczynnika O/K i A/B wykazują istotne różnice dla poziomów W2 i B2 (tab. 1),

— gliny W2 i B1 charakteryzują się bardziej homogenicznym składem petrograficznym w porównaniu z gliną B2 (różny rząd wielkości  $S$  — tab. 1),

— nie jest wykluczone, że różnice w składzie petrograficznym żwirów w badanych glinach lodowcowych mogą być związane ze zróżnicowaną paleomorfologią czoła lądolodu lub różnym typem genetycznym glin.

### Wnioski

Przedstawione uwagi pozwalają na sformułowanie następujących wniosków natury ogólnej:

1) uproszczona analiza petrograficzna frakcji 0,5–1,0 cm glin lodowcowych jest metodą pomocniczą i jako taka — nie może forsować wniosków sprzecznych z wynikami prac geologicznych oraz innych metod stosowanych dla ustalenia stratygrafii osadów czwartorzędowych;

2) litostratygrafia musi bazować na stanowiskach zdefiniowanych powszechnie uznanymi metodami stratygraficznymi (najlepiej: paleontologicznymi lub chronostratygraficznymi), w przeciwnym wypadku tworzy się „błędne koło”, a prawidłowość określenia stratygrafii w poszczególnych profilach jest oparta na wzajemnej (krzyżowej) korelacji.

3) dla uzyskania wiarygodnych współczynników petrograficznych należy uwzględnić wyniki analizy litofacjalnej glin lodowcowych oraz koniecznie przeprowadzić analizę statystyczną otrzymanych wartości współczynników petrograficznych, co może ułatwić określenie odrębności wyróżnianych poziomów stratygraficznych;

4) wykorzystanie metod litostratygraficznych do celów paleogeograficznych (np. zasięgu lądolodu) musi opierać się na analizie profili osadów zlokalizowanych w strefach, które nie podlegały znaczącym procesom syn- i postsedymentacyjnego niszczenia, jakie mogłoby doprowadzić do występowania znaczących hiatusów stratygraficznych.

### Literatura

- CZERWONKA J.A. & KRZYSZKOWSKI D. 1994 — Pleistocene stratigraphy and till petrography of the central Great Poland Lowland, western Poland. *Folia Quatern.*, 65: 7–71.
- GALON R. & ROSZKÓWNA L. 1967 — Zasięgi zlodowaceń skandynawskich i ich stadiów recesyjnych na obszarze Polski. [W:] *Czwartorzęd Polski* (red. R. Galon & J. Dylik). PWN: 18–38.
- GAŁĄZKA D., KUSIŃSKI J.T.J. & MARKS L. 1998a — New approach to a maximum extent of ice sheet of the Vistulian Glaciation in the southeastern Mazury Lakeland. *Field Symp. on glacial geology at the Baltic Sea coast in northern Poland, Peribaltic Group, INQUA Commission on Glaciation*, 13–19 Sept. 1998, Abstracts: 11–12.
- GAŁĄZKA D., KUSIŃSKI J.T.J. & MARKS L. 1998b — Próba rewizji zasięgu lądolodu zlodowacenia Wisły w południowo-zachodniej części Mazur. V Konf. *Stratygrafia Plejstocenu Polski*, Mat., Iznota 1–4 września 1998: 21–23.
- GAŁĄZKA D. & MARKS L. 1997a — Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych dla Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Dąbrówno (250). CAG.
- GAŁĄZKA D. & MARKS L. 1997b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Dąbrówno (250). CAG.
- KENIG K. 1998 — Petrograficzne podstawy stratygrafii glin morenowych Polski północno-wschodniej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 380: 1–99.
- KONDRACKI J. 1952 — Uwagi o ewolucji morfologicznej Pojezierza Mazurskiego. *Biul. PIG*, 65: 513–597.
- KRUPIŃSKI K.M. & MARKS L. 1993 — Pozycja stratygraficzna i paleogeografia zlodowacenia Warty w północno-wschodniej Polsce. *Acta Geogr. Lodz.*, 65: 175–183.
- KRZYSZKOWSKI D. & CZERWONKA J.A. 1994 — Korelacja litostratygraficzna osadów czwartorzędowych z obszaru na południe od Szczecina. *Acta Univ. Wratisl.*, 1702, Pr. Inst. Geogr., A, Geogr. Fiz., 7: 37–61.
- LISICKI S. 1996 — Stratygrafia plejstocenu centralnej części Pojezierza Mazurskiego: 55–58. [W:] *Stratygrafia Plejstocenu Polski*. Mat. II Konf., Grabanów 18–20 września 1995 (red. L. Marks).
- LISICKI S. 1997 — Pleistocene of the Mrągowo Lakeland. *Geol. Quart.*, 41: 327–346.
- LISICKI S. 1998a — Attempt of lithostratigraphic correlation of tills in north-eastern Poland and southern Lithuania. *Geol. Quart.*, 42: 161–172.
- LISICKI S. 1998b — Interpretacja wyników analizy petrograficznej frakcji żwirowej glin zwałowych w nawiązaniu do ich genezy. *Prz. Geol.*, 46: 410–416.
- LISICKI S. 1998c — Paleogeograficzny aspekt litostratygrafii glin zwałowych na przykładzie południowo-zachodnich Mazur. *Prz. Geol.*, 46: 599–602.
- MARKS L. 1984 — Zasięg lądolodu zlodowacenia bałtyckiego w rejonie Dąbrówna i Uzdoma (zachodnia część Pojezierza Mazurskiego). *Biul. Geol. Uniw. Warsz.*, 28: 133–176.
- MARKS L. 1988 — Relation of substrate to the Quaternary paleorelief and sediments, western Mazury and Warmia (northern Poland). *Zesz. Nauk. AGH nr 1165, Geol. Kwart.*, 14: 1–76.
- MICHALSKA Z. 1961a — Stratygrafia plejstocenu i paleomorfologia północno-wschodniego Mazowsza. *Studia Geol. Pol.*, 7: 1–102.
- MICHALSKA Z. 1961b — O wieku moren czołowych w okolicy Mławy i Przasnysza w świetle badań stratygraficznych i paleomorfologicznych. [W:] *Prace o plejstocenie Polski Środk.*, 1. Wyd. Geol.: 47–57.
- MICHALSKA Z. 1967 — Stratygrafia plejstocenu północnego Mazowsza w świetle nowych danych. *Acta Geol. Pol.*, 17: 393–418.
- MORAWSKI W. 1996 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Nidzica. CAG.
- MORAWSKI W., KRUPIŃSKI K.M. & WINTER H. 1998 — Nowe stanowiska interglacjalne eemskiego na Wysoczyźnie Mławskiej w rejonie Nidzicy. V Konf. *Stratygrafia Plejstocenu Polski*, Mat., Iznota, 1–4 września 1998: 88–89.
- MORAWSKI W., KRUPIŃSKI K.M. & WINTER H. 1999 (w druku) — Maximum limit of the Vistulian Glaciation in the vicinity of Nidzica, southwestern Mazury Lakeland. *Geol. Quart.*, 43.
- NECHAY W. 1927 — Utwory lodowcowe Ziemi Dobrzyńskiej. *Spraw. Państw. Inst. Geol.*, 4: 61–132.
- RZECZOWSKI J. 1974 — O litotypach glin zwałowych dolnego i środkowego plejstocenu na Niżu Polskim. *Zesz. Nauk. UAM, Geografia*, 10: 87–99.