

Interpretacja wyników analizy petrograficznej frakcji zwirowej glin zwałowych w nawiązaniu do ich genezy

Stanisław Lisicki*

W Polsce od lat wykonuje się standardowe badania litologiczno-petrograficzne osadów plejstocenijskich, pobieranych z rdzeni wiertniczych, na potrzeby realizacji arkuszy *Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000*. Metodyka tych badań została kompleksowo opracowana przez Rzechowskiego (1971, 1974) na potrzeby badania osadów z otworów wiertniczych wykonywanych dla *Mapy geologicznej Polski w skali 1 : 200 000*. Badania litologiczno-petrograficzne obejmują analizy: uziarnienia, petrografii żwirów z glin zwałowych, zespołu minerałów ciężkich, obtoczenia ziarn kwarcu dla osadów piaszczystych i zawartości węglanów. Wykonywano też sporadycznie oznaczenia: odczynu pH, składu chemicznego, zawartości mikroelementów i zawartości skaleni. Najbardziej przydatnymi do określania litostratygrafii plejstocenu, okazały się wyniki analizy składu petrograficznego żwirów (o średnicy 5–10 mm) z glin zwałowych. Wykazały to badania Rzechowskiego (tab. 1) i autora opracowania (Lisicki, 1996a,b, 1997).

Tab. 1. Przydatność analiz do określania cech osadów

Rodzaj analizy	Geneza – środowisko sedimentacji	Facje	Litostratygrafia	Litotyp regionalny	Obszar źródłowy	Hiper-geneza
uziarnienie	++	++	+	+++	++	++
petrografia żwirów	++	?	+++	++	+++	++
minerały ciężkie	++	++	++	++	+++	++
obtoczenie kwarcu	+++	++	+	++	+	+
zawartość węglanów	++	+	+	++	+	+++

+++ cecha definiowana bardzo wyraźnie
 ++ cecha definiowana powszechnie, w wielu regionach
 + cecha definiowana lokalnie, np. w pojedynczych profilach
 ? brak systematycznych badań

Analizowany, geologiczny materiał badawczy i porównawczy pochodzi z czterech otworów wiertniczych z centralnej części Pojezierza Mazurskiego, dwóch z Niziny Augustowskiej, jednego z Pojezierza Suwalskiego i dwóch z obszaru południowej części Niziny Mazowieckiej (ryc. 1). Wszystkie te otwory kartograficzno-badawcze zostały wykonane systemem obrotowym w ramach realizacji arkuszy *Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1 : 50 000*.

Skład petrograficzny frakcji zwirowej

Proste metody statystyczne, służące do opracowywania wyników analizy składu petrograficznego żwirów, zastosowano już do badań glin zwałowych z rdzeni wiertniczych uzyskiwanych z otworów wykonywanych dla arkuszy *Mapy*

geologicznej Polski w skali 1 : 200 000. Podstawy tych metod zostały krótko przedstawione przez Kenig (1997).

W analizie składu petrograficznego frakcji zwirowej (o średnicy 5–10 mm, minimum 100 ziaren w próbce) z glin zwałowych, oblicza się (Rzechowski, 1971, 1974) zawartość procentową różnych grup skał skandynawskich (północnych — paleozoicznych i starszych oraz rzadko spotykanych na terenie Polski skał triasowych i jurajskich): skał krystalicznych (Kr), wapieni (W_p), dolomitów (D_p) i piaskowców łącznie z kwarcytami (P_p) oraz lokalnych (trzeciorderowych i kredowych): wapieni i margli (W_l), piaskowców (P_l) i mułowców łącznie z ilowcami (M_l) (na rycinach wartości średnie zaokrąglono do jednego procenta). Następnie oblicza się wskaźniki petrograficzne O/K-K/W-A/B składające się z trzech współczynników: O/K, K/W i A/B charakteryzujących zależności między udziałem różnych grup skał północnych w żwirach glin zwałowych, gdzie: O — suma skał osadowych (W_p+ D_p+ P_p+łupki pn. — bardzo rzadko występujące), K — suma skał krystalicznych i kwarcu północnego (Kr+ kwarc pn.), W — suma skał węglanowych (W_p+ D_p), A — suma skał nieodpornych na niszczenie (W_p+ D_p+ łupki pn.), B — suma skał odpornych (Kr+kwarc pn.+P_p). W niektórych polskich opracowaniach litologiczno-petrograficznych oblicza się również współczynnik D_p/W_p przedstawiający stosunek zawartości dolomitów do wapieni północnych (Czerwonka & Krzyszkowski, 1995).

Po raz pierwszy cechy petrograficzne litotypów 14 poziomów glin zwałowych z jednego obszaru, należących do ośmiu zlodowaceń: narwi — A₁ i A₂, nidy — N₁ i N₂, sanu — S₁ i S₂, wilgi — G, liwca — C, odry — O₁ i O₂, warty



A — Wyszeborg, Baranowo, Bagienko i Ukta
 B — Marcinowo i Janówka
 C — Żytkiejmy Nadleśnictwo
 D — Wysokin i Łojków

Ryc. 1. Lokalizacja omawianych profili

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

Tab. 2. Wyniki analizy petrograficznej żwirów z profilów z porwakami glin zwałowych. Objasnienia symboli petrograficznych w tekście

Nazwa profilu	Głębokość	Zawartość żwirów (%)								Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B	Litostratygrafia (litotyp)	Stratygrafia glacialna
		Kr	Wp	Dp	Pp	W _L	P _L	M _L				
Wyszembork	206,0–207,0	35,0	31,6	7,4	5,9	6,6	0,0	6,2	1,27–0,93–0,95	N ₂	złod. nidy, st. młodszy	
	207,0–208,0	38,4	30,2	7,2	5,7	5,7	0,0	7,6	1,10–1,07–0,84	(A ₂)	złod. narwi, st. młodszy (porwak)	
	208,0–209,0	41,9	31,1	6,3	3,7	4,4	0,0	8,5	0,96–1,14–0,81	(A ₂)	złod. narwi, st. młodszy (porwak)	
	210,0–211,0	34,6	30,8	10,1	5,3	4,8	1,0	8,2	1,31–0,88–1,01	N ₂	złod. nidy, st. młodszy	
	211,0–212,0	36,0	33,5	9,3	6,7	3,1	0,0	6,2	1,40–0,86–1,03	N ₂	złod. nidy, st. młodszy	
	216,0–217,0	40,6	33,8	6,8	3,4	5,8	1,5	3,4	1,06–1,04–0,90	A ₂	złod. narwi, st. młodszy	
Ukta	94,0–95,0	27,5	30,3	4,5	1,2	0,8	2,5	29,1	1,24–0,84–1,15	G	złod. wilgi	
	97,0–98,5	13,6	38,0	6,0	4,0	0,0	2,0	29,6	2,73–0,40–2,04	G	złod. wilgi	
	100,0–101,0	20,2	39,6	2,2	7,5	1,6	2,5	24,0	2,26–0,52–1,43	G	złod. wilgi	
	101,0–101,8	27,3	40,6	3,0	1,8	1,2	0,6	24,2	1,63–0,64–1,47	G	złod. wilgi	
	102,0–109,0	38,4	19,2	7,4	14,8	2,0	6,4	3,9	0,98–1,61–0,47	(S ₁)	złod. sanu, st. starszy (porwak)	
	110,0–111,0	26,4	15,6	12,4	15,9	8,6	4,5	10,2	1,48–1,06–0,62	S ₂	złod. sanu, st. młodszy	
	111,0–112,8	28,0	16,8	8,6	13,8	6,0	3,9	14,6	1,25–1,24–0,56	S ₂	złod. sanu, st. młodszy	
	115,5–116,5	30,5	21,4	16,8	9,2	4,6	9,9	3,0	1,38–0,90–0,88	S ₂	złod. sanu, st. młodszy	
	116,5–119,2	30,6	20,9	12,1	10,2	2,6	4,9	14,8	1,36–0,96–0,79	S ₂	złod. sanu, st. młodszy	
	119,2–120,0	25,0	35,6	6,8	6,1	6,1	1,5	15,2	1,78–0,64–1,27	(N ₂)	złod. nidy, st. młodszy (porwak)	
	121,0–122,3	28,7	34,0	4,0	6,7	2,7	4,7	13,4	1,42–0,83–1,00	(N ₂)	złod. nidy, st. młodszy (porwak)	
	131,6–133,0	25,8	31,2	6,5	6,5	7,5	2,2	16,1	1,58–0,74–1,09	N ₂	złod. nidy, st. młodszy	
	134,0–135,1	8,0	8,7	3,3	0,7	0,7	4,7	6,0	1,46–0,72–1,28	N ₂ ?	złod. nidy, st. młodszy ?	
Janówka	85,0–86,0	24,3	51,5	16,8	1,5	0,7	1,1	1,9	2,67–0,38–2,47	O ₁	złod. odry, st. starszy	
	87,0–88,0	21,5	54,8	16,0	1,4	1,0	0,0	4,1	3,16–0,32–2,92	O ₁	złod. odry, st. starszy	
	89,0–90,0	23,1	43,9	24,3	1,7	2,3	0,0	3,5	2,88–0,36–2,62	C	złod. liwca	
	91,0–92,0	23,4	39,6	28,6	0,6	2,6	0,0	4,5	2,86–0,35–2,76	C	złod. liwca	
	93,0–94,0	29,8	40,4	20,7	1,0	1,5	0,0	5,1	2,02–0,50–1,92	C	złod. liwca	
	95,0–97,0	25,7	35,1	29,7	3,0	1,5	0,0	4,5	2,58–0,40–2,22	C	złod. liwca	
	99,0–100,0	33,5	23,4	29,4	2,5	3,0	0,0	6,1	1,60–0,65–1,42	C	złod. liwca	
	101,0–102,5	35,4	25,0	26,2	2,4	3,0	0,0	6,1	1,47–0,71–1,31	C	złod. liwca	
	103,0–104,0	27,8	51,1	10,4	0,3	0,6	0,3	8,6	2,18–0,46–2,15	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	105,0–106,0	27,2	52,7	6,0	0,3	0,6	0,9	10,9	2,15–0,47–2,11	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	108,5–109,5	28,7	52,4	5,5	0,5	0,5	0,5	10,5	1,98–0,51–1,93	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	109,5–110,5	31,1	48,6	6,5	0,0	1,1	0,6	9,3	1,68–0,59–1,68	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	110,5–111,5	24,6	56,8	4,1	1,1	0,5	0,8	10,3	2,44–0,42–2,30	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	111,5–112,5	26,8	45,3	10,5	1,7	0,3	0,3	14,6	2,14–0,48–1,95	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	112,5–113,5	21,8	48,2	13,0	1,4	0,4	1,1	13,4	2,83–0,36–2,60	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	113,5–114,5	22,0	49,5	10,8	0,9	0,6	0,6	14,6	2,75–0,37–2,60	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	114,5–115,5	28,1	50,4	8,0	0,4	0,0	1,1	11,3	2,04–0,49–2,00	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	115,5–116,5	31,0	49,2	7,8	0,0	0,4	0,8	9,7	1,81–0,55–1,81	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	116,5–117,5	27,0	51,3	9,1	0,9	0,0	1,3	10,4	2,27–0,45–2,17	(N ₁)	złod. nidy, st. starszy (porwak)	
	125,0–126,0	18,6	16,7	27,4	0,4	4,5	0,0	27,4	2,17–0,47–2,11	G	złod. wilgi	
	126,0–127,0	21,4	19,3	28,0	0,5	4,3	0,3	24,1	2,21–0,46–2,13	G	złod. wilgi	
	127,0–128,0	29,0	19,9	26,1	0,4	1,9	0,7	19,9	1,58–0,64–1,54	G	złod. wilgi	
	128,0–129,0	21,9	19,7	28,6	1,0	2,5	0,6	22,5	2,09–0,49–1,97	G	złod. wilgi	
	133,8–135,0	30,1	36,7	20,5	0,8	3,8	0,8	4,2	1,79–0,57–1,72	G + (N ₁)	złod. wilgi (z porwakiem)	
	135,5–136,5	24,4	34,9	10,5	1,0	8,2	1,0	16,7	1,76–0,58–1,67	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	136,5–137,5	22,0	32,2	10,7	0,9	7,0	1,9	23,4	1,92–0,53–1,80	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	137,5–138,5	25,6	35,7	12,6	1,0	9,1	0,5	14,0	1,92–0,53–1,82	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	139,5–140,5	22,8	40,0	10,2	0,5	10,7	0,5	13,0	2,22–0,45–2,16	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	141,5–142,5	23,3	39,9	9,2	1,2	10,4	0,6	11,7	2,05–0,50–1,90	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	143,5–144,5	31,2	37,2	11,1	1,5	5,5	0,5	10,1	1,52–0,68–1,41	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	145,5–146,5	24,7	40,9	11,6	1,2	9,5	0,0	8,8	2,05–0,50–1,91	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	146,5–147,5	26,8	36,6	16,0	1,4	11,7	0,5	4,2	1,98–0,52–1,84	N ₁	złod. nidy, st. starszy	
	147,5–148,5	31,0	37,1	15,7	1,0	9,1	0,0	4,1	1,68–0,61–1,60	N ₁	złod. nidy, st. starszy	

— W_1 i W_2 oraz wiśły — B_1 i B_2 , określono na podstawie badań 32 profili otworów kartograficzno-badawczych z terenu Pojezierza Mrągowskiego — środkowej części Pojezierza Mazurskiego (Lisicki, 1996a,b; 1997). Dla tego regionu określono również cechy litotypu glin deluwialnych tzw. czerwonego kompleksu ilastego (Lisicki, 1996b, 1997).

Porwaki glin zwałowych

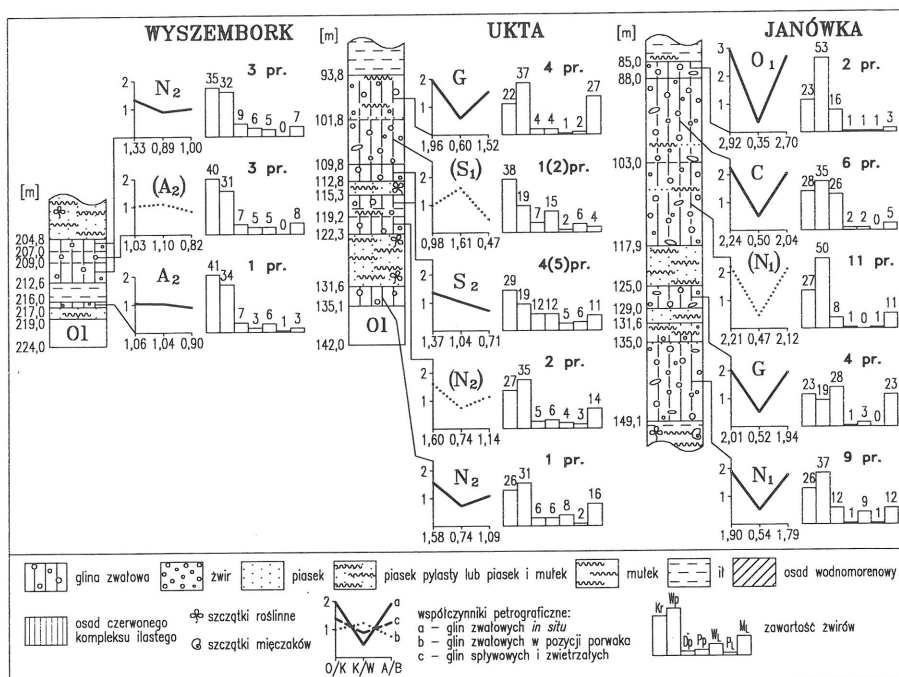
Wykrycie istnienia porwaków starszych glin zwałowych w młodszych glinach nie jest czymś niezwykłym. Wielokrotnie stwierdzano istnienie porwaków osadów trzeciorzędowych i starszych w glinach zwałowych, a także są znane przypadki występowania osadów interglacialnych na wtórnym złożu (Lisicki, 1996b). Osady te są makroskopowo odróżniane w rdzeniach wiertniczych. Natomiast porwaki starszych glin zwałowych nie zawsze muszą różnić się barwą lub optycznie zauważalnym składem frakcyjnym odmiennym od otaczających glin zwałowych występujących *in situ* (Zabielski, 1996). Z tego powodu porwaki starszych glin na ogół do tej pory nie były zauważane w rdzeniach wiertniczych.

W profilu Wyszembork (ryc. 2, tab. 2), w interpretowanym jego odcinku, występują gliny zwałowe o dwóch odmiennych litotypach (Choma-Moryl i in., 1984). W starszym litotypie A_2 (symbole według Lisickiego, 1996a,b, 1997) młodszego stadiała zlodowacenia narwi przewaga skał krystalicznych nad pozostałymi składnikami petrograficznymi jest wyraźna. Na głębokości 217–216 m glina zwałowa o tym litotypie spoczywa *in situ*, natomiast na głębokości 209–207 m — w pozycji porwaka (A_2). Glina zwałowa młodszego litotypu N_2 — młodszego stadiała zlodowacenia nidy, charakteryzuje się nieznaczną przewagą skał krystalicznych nad wapieniami północnymi.

W profilu Ukta (ryc. 2, tab. 2) litotyp N_2 — najstarszej w całym profilu zielonkawoszarej gliny zwałowej — młodszego stadiała zlodowacenia nidy wykazuje, jak przedsta-

wiają to wyniki badań Gronkowskiej-Krystek (1994a), niewielką przewagę wapieni północnych nad skałami krystalicznymi. Najniższa próbka charakteryzuje się dominacją fosforytów (61,3%), a wyniki analizy petrograficznej tej próbki nie zostały uwzględnione w obliczaniu wartości średnich. Również zielonkawoszara glina zwałowa o litotypie N_2 , leżąca na głębokości 122,3–119,2 m, występuje, poniżej szarej i brunatnej gliny o litotypie S_2 , w pozycji porwaka (N_2). W glinie o litotypie S_2 — młodszego stadiała zlodowacenia sanu przewagę osiągają skały krystaliczne nad występującymi w zbliżonej ilości wapieniami, dolomitami i piaskowcami północnymi. Wyżej leżąca czerwona glina zwałowa charakteryzuje się małą ilością żwirów (zbadane 2 próbki, a z otrzymanych wyników obliczona średnia ważona) i dominacją w nich skał krystalicznych. Reprezentuje ona prawdopodobnie litotyp S_1 — starszego stadiała zlodowacenia sanu. Glina ta leży powyżej gliny zaliczonej do młodszego stadiała tego zlodowacenia, więc może występować tylko w pozycji porwaka (S_1). Górną część omawianego profilu z Ukty stanowi glina zwałowa o litotypie G — zlodowacenia wilgi, w której wśród skał północnych przewagę osiągają wapień, a wśród skał lokalnych mułowce, co jest ważną cechą rozpoznawczą tego osadu na Mazurach (Lisicki, 1996b, 1997).

W profilu Janówka (ryc. 2, tab. 2), w dolnej części kompleksu morenowego występuje glina zwałowa o litotypie N_1 — starszego stadiała zlodowacenia nidy. Leżąca powyżej glina o litotypie G — zlodowacenia wilgi jest bardzo charakterystyczna dla obszaru Suwalszczyzny. Dominują w niej przeważnie dolomity północne i skały krystaliczne nad wapieniami północnymi, przy dużym udziale mułowców lokalnych. Na obszarze Mazur w glinie zlodowacenia wilgi udział dolomitów jest o wiele niższy. Skład petrograficzny próbki z głębokości 135,0–133,8 m stwarza trudności w zaklasyfikowaniu gliny do odpowiedniego litotypu. W glinie tej przeważają wapień północne, co upodabnia ją do gliny o litotypie N_1 , choć występuje w niej znacznie więcej dolomitów północnych i mniej wapieni lokalnych, co jest bardziej charakterystyczne dla litotypu G. Prawdopodobnie jest to glina o litotypie G ze stosunkowo małym lub małymi porwakami (przypuszczalnie o wielkości poniżej 0,5 m) gliny o litotypie N_1 . Stąd pobrana próbka z całej warstwy o miąższości 1,2 m prezentuje uśrednioną charakterystykę dla tych dwóch litotypów. Osad ten można interpretować jako zwałową glinę z odłożenia (typu *lodgment*). Wyników badań tej próbki nie uwzględniono przy obliczaniu wartości średnich. W dolnej partii górnego kompleksu morenowego ponownie występuje glina o litotypie zbliżonym do N_1 . W porównaniu z dolną gliną zawiera więcej wapieni północnych kosztem dolomitów i charakteryzuje się brakiem wapieni lokalnych. Różnice w składzie żwirów nie upoważniają jednak do zaliczenia tych dwóch glin do różnych litotypów. Podob-



Ryc. 2. Profile z porwakami glin zwałowych. Objaśnienia symboli petrograficznych w tekście. Symbole litostratigraficzne według tab. 2

ne różnice w ramach tego samego litotypu stwierdzono w profilach centralnej części Pojezierza Mazurskiego (Lisicki, 1996b). W świetle obecnych danych glina ta, leżąca poniżej głębokości 103 m, jest interpretowana przez autora jako występująca w formie porwaka (N_1), powyżej której występuje glina zwałowa o litotypie C — zlodowacenia liwca. Podobnie jak glina zlodowacenia wilgi zawiera ona dużo dolomitów północnych, co jest charakterystyczne dla całej Suwalszczyzny (Lisicki, 1998). Powyżej głębokości 88 m występuje glina zwałowa o litotypie O_1 — starszego stadiała zlodowacenia odry, wykazująca skrajną przewagę wapieni północnych nad skałami krystalicznymi. Gliny zwałowe na obszarze Suwalszczyzny, w porównaniu z obszarem centralnej części Mazur, zawierają więcej dolomitów. Jest to spowodowane występowaniem wychodni skał dolomitowych w północnej części Litwy. Czerwonka i Krzyszkowski (1995) zaliczają omówione gliny do litotypów zlodowaceń południowopolskich i zlodowaceń środkowopolskich.

Gliny czerwonego kompleksu ilastego

Petrograficzna charakterystyka tych glin spływowych zostanie omówiona na przykładzie fragmentów profili Baranowo i Marcinowo. Gliny te występują w obrębie tzw. czerwonego kompleksu ilastego, którego osady (leżące *in situ*) tworzą ważny poziom stratygraficzny w Polsce północno-wschodniej. Według najnowszych poglądów autora (Winter & Lisicki, 1998), osady te wcześniej uważane za zastoiskowo-wodnomorenowe ze schyłku zlodowacenia wilgi (Lisicki, 1996b, 1997), są zapewne utworami jeziorno-peryglacialnymi i jeziornymi z chłodnej części interglacjału. Występujące w nich gliny spływowe to osad deluwialny.

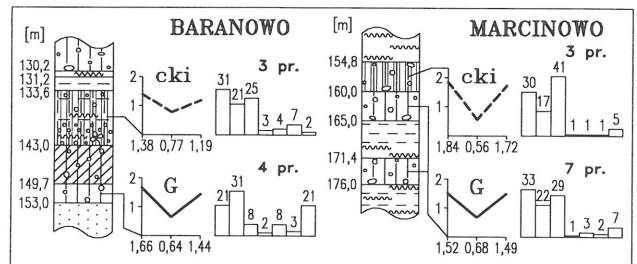
W profilu Baranowo (ryc. 3, tab. 3) szara i zwarta glina zwałowa o litotypie G — zlodowacenia wilgi zawiera, jak wykazały to badania petrograficzne Woźniak i in. (1985), dużą ilość mułowców lokalnych. Glina w części stropowej jest beżowoszarą, piaszczystą i smugowaną; ma charakter gliny spływowej (wodnomorenowej) — G-flow. Jest wzbogacona w wapienie lokalne, a jedna próbka tej gliny — w dolomity północne. Silnie ilasta glina spływowa (deluwialna) czerwonego kompleksu ilastego -cki, o barwie czekoladowo-brunatnej z szarzielonymi plamami, jest wyraźnie wzbogacona, w stosunku do gliny zwałowej zlodowacenia wilgi, w dolomity północne i skały krystaliczne. Glina spływowa przechodzi partiami w ił o tej samej barwie.

W profilu Marcinowo (ryc. 3, tab. 3), występująca na dwóch głębokościach, szara i brązowa, związła, piaszczysta glina zwałowa o litotypie G — zlodowacenia wilgi wykazuje dominację skał krystalicznych i dolomitów północnych nad wapieniami północnymi. Dużo jest w niej również mułowców lokalnych, szczególnie na głębokości 165,0–160,0 m. Glina ta ma zbliżoną charakterystykę petrograficzną do gliny zlodowacenia wilgi z profilu Janówka. W profilu Marcinowo, w zalegającej wyżej rdzawej i brązowej, związłej i piaszczystej, zapewne glinie spływowej czerwonego kompleksu ilastego, jeszcze bardziej dominują dolomity północne. W opracowaniu Czerwonki i Krzyszkowskiego (1995) gliny te zaliczone są do litotypów zlodowaceń południowopolskich. Wśród żwirów skał północnych w glinach spływowych bardzo ważną rolę odgrywają dolomity występujące w ilości do 29,5% w profilu

Baranowo i do 47,5% w profilu Marcinowo. W obu przypadkach ilość dolomitowych żwirów jest znacznie wyższa niż w podścielającej glinie zlodowacenia wilgi. Skały dolomitowe jak i skały krystaliczne dominują nad wapieniami północnymi, których ilość została zmniejszona we frakcji 5–10 mm prawdopodobnie wskutek wietrzenia peryglacialnego i transportu zboczowego (Lisicki, 1997). Na transport błotny tych osadów wskazuje również zmniejszenie, w zespole minerałów ciężkich, ilości słabo odpornych na niszczenie mechaniczne amfiboli na rzecz odpornych granatów w stosunku do zawartości tych minerałów w skałach macierzystych, tzn. w glinach zwałowych o litotypie G (Lisicki, 1996b).

Gliny spływowe (typu flow)

Gliny te wykazują również podwyższoną, w stosunku do gliny wytopniowej (typu *melt-out*), zawartość dolomitów północnych i skał odpornych na niszczenie. W profilu Bagienko (ryc. 4, tab. 4), zielonkawoszara, miejscami z odcieniem brunatnym, glina zwałowa o litotypie N_2 — młodszego stadiała zlodowacenia nidy charakteryzuje się niedużą przewagą wapieni północnych nad skałami krystalicznymi. W glinie tej występuje porwak (N_1) — starszego stadiała tego zlodowacenia, która wykazuje znaczną przewagę wapieni północnych nad skałami krystalicznymi. Leżąca w części stropowej brązowa glina charakteryzuje się licznymi zielonkawoszarymi smugami i przemasami glińnymi oraz cienkimi, piaszczystymi przewarstwieniami i warstewkami gliny piaszczystej w najwyższej części kompleksu. Występująca tu glina spływowa (wodnomorenowa) — N_2 -flow



Ryc. 3. Profile z glinami czerwonego kompleksu ilastego. Objasnienia symboli petrograficznych w tekście. Symbole litostratygraficzne według tab. 3

Tab. 3. Wyniki analizy petrograficznej żwirów z profili z glinami czerwonego kompleksu ilastego. Objasnienia symboli petrograficznych w tekście

Nazwa profilu	Głębokość	Zawartość żwirów (%)								Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B	Litostratygrafia (litotyp)	Stratygrafia glacialna
		Kr	Wp	Dp	Pp	W _L	P _L	M _L	M _L			
Baranowo	134,0–137,0	32,2	20,1	26,8	1,8	3,1	6,3	4,0	1,36–0,76–1,25	cki	czerw. kompl. ilasty – interglacjał	
	139,0–141,1	31,8	17,0	29,5	2,8	2,3	8,8	0,9	1,35–0,78–1,19	cki	czerw. kompl. ilasty – interglacjał	
	141,6–142,6	28,8	24,9	19,6	5,3	7,6	7,1	0,9	1,44–0,78–1,12	cki	czerw. kompl. ilasty – interglacjał	
	144,0–145,0	37,6	35,2	0,0	3,0	17,0	0,0	0,0	0,91–1,19–0,79	G-flow	złod. wilgi	
	147,0–148,0	23,4	26,4	16,3	3,0	21,3	5,6	0,0	1,80–0,59–1,50	G-flow	złod. wilgi	
	150,0–150,5	22,3	30,9	12,2	2,4	5,7	0,7	18,7	1,81–0,58–1,56	G	złod. wilgi	
Marcinowo	152,0–153,0	20,6	30,9	3,6	1,9	9,7	5,0	21,8	1,52–0,70–1,33	G	złod. wilgi	
	155,0–156,0	29,5	13,0	47,5	1,5	2,0	0,5	4,0	2,00–0,51–1,86	cki	czerw. kompl. ilasty – interglacjał	
	156,0–157,0	30,3	16,0	38,5	1,3	0,4	0,9	8,3	1,70–0,60–1,59	cki	czerw. kompl. ilasty – interglacjał	
	158,0–159,0	31,4	22,4	37,2	1,3	0,3	1,6	2,9	1,83–0,56–1,72	cki	czerw. kompl. ilasty – interglacjał	
	160,0–161,0	32,7	27,4	22,6	0,4	3,6	6,4	4,0	1,47–0,69–1,44	G	złod. wilgi	
	161,0–162,0	34,3	24,8	29,6	1,7	2,6	3,1	2,2	1,57–0,66–1,45	G	złod. wilgi	
	163,0–164,0	39,6	19,2	34,1	1,6	1,0	1,6	0,0	1,30–0,79–1,21	G	złod. wilgi	
	171,4–172,0	24,5	18,3	30,0	0,0	4,0	0,8	18,7	1,91–0,52–1,91	G	złod. wilgi	
	172,0–173,0	36,8	23,0	26,1	0,4	2,2	1,2	5,4	1,30–0,77–1,28	G	złod. wilgi	
173,0–173,9	27,0	15,3	36,0	0,0	3,2	0,0	12,2	1,76–0,57–1,76	G	złod. wilgi		
174,0–175,0	36,8	24,8	27,2	0,0	1,6	0,0	4,0	1,35–0,74–1,35	G	złod. wilgi		

cechuje się podwyższoną zawartością skał krystalicznych — szczególnie w próbie czwartej od góry (tab. 4) oraz ponad dwukrotnie większą ilością dolomitów, a także wyraźnie większą ilością piaskowców północnych i lokalnych (Gronkowska-Krystek, 1994a). Podwyższone wartości przede wszystkim skał odpornych na niszczenie są wynikiem prawdopodobnie procesów przemieszczania się osadów i procesów wietrzeniowych.

Zwierzrzałe gliny zwałowe

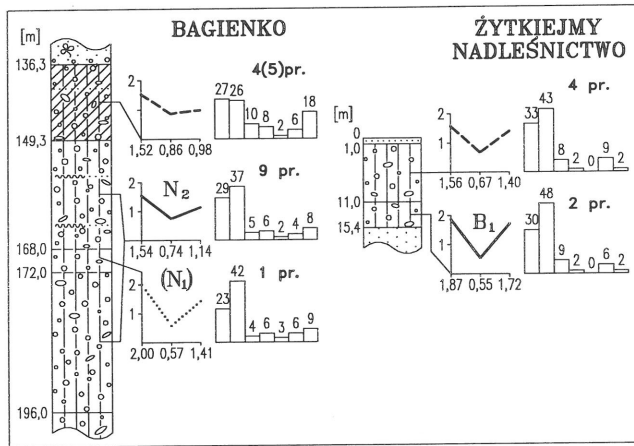
Strefy te występują dość często w górnych częściach, najmłodszych na danym obszarze glin zwałowych lub obejmują cały profil najmłodszej gliny. Powstawały one przede wszystkim w klimacie peryglacjalnym. W starszych glinach strefy zwierzrzałe rzadko występują. Jest to prawdopodobnie rezultat procesów egzaracji, jakie doprowadzały do zniszczenia głównie górnych części starszych (złożonych przez starsze lądolody) glin zwałowych, przez nasuwające się młodsze lądolody skandynawskie.

W profilu Żytkiejmy Nadleśnictwo (ryc. 4, tab. 4), w stropowej części profilu występuje szarobrazowa glina zwałowa. W dolnej części kompleksu gliniastego znajduje się glina o litotypie B₁ — starszego stadiała zlodowacenia wi-

sły. Obliczone średnie wartości zawartości żwirów wykazują znaczną przewagę wapieni północnych nad skałami krystalicznymi. Do głębokości 11,0 m glina jest interpretowana jako zwierzrzała — B₁? zwietrz. (zmieniona w klimacie peryglacjalnym). Charakteryzuje się ona podwyższoną zawartością skał krystalicznych i piaskowców lokalnych (Fert & Pruszek, 1984), co sugeruje działanie procesów wietrzeniowych, choć odwapnione są tylko najwyższe położone partie osadu (do głębokości ok. 4 m). Omawianą glinę można wiązać stratygraficznie z leżącą niżej gliną o litotypie B₁, bądź określać jako zwierzrzałą glinę pierwotnie o litotypie B₂ — młodszego stadiała zlodowacenia wisły. Badania glin zwałowych z obszaru Polski północno-wschodniej dowodzą, że cienkie poziomy najmłodszej gliny zwałowej mogą być całkowicie i jeszcze bardziej, niż w profilu Żytkiejmy Nadleśnictwo, intensywnie zwierzrzałe. Manifestuje się to głównie znaczną przewagą skał krystalicznych nad pozostałymi składnikami.

Próba określenia litostratygrafii i stratygrafii glin zwałowych o małej miąższości

W profilu Łojków, w rejonie Nowego Miasta n. Pilicą, ok. 10 km na południe od rzeki, kompleks glin lodowcowych zalega do głębokości 15,3 m (ryc. 5). Najniższy poziom szarych glin zwałowych wykazuje petrograficzną trójdzielność. Leżąca w części spągowej glina zwałowa o litotypie A₂ — młodszego stadiała zlodowacenia narwi, reprezentuje próbka (59 ziaren żwiru) o znacznej przewodze skał krystalicznych nad wapieniami północnymi (tab. 5), a w zespole minerałów ciężkich z dominacją granatów nad amfibolami (Gronkowska-Krystek, 1994b). Wyżej leżąca glina o litotypie N₁ — starszego stadiała zlodowacenia nidy, charakteryzuje próbka (66 ziarn żwiru) o znacznej przewodze wapieni północnych nad skałami krystalicznymi, a w zespole minerałów ciężkich równowagą ilości granatów i amfiboli. Najwyżej położona jest w tym poziomie glina zwałowa o litotypie S₁ — starszego stadiała zlodowacenia sanu. Przeważają w niej żwiry skał krystalicznych, podobnie jak w najstarszej w tym profilu glinie, ale wśród minerałów ciężkich amfibole występują w większej ilości niż granaty. Leżąca powyżej bruku żwirowego szara glina o litotypie G — zlodowacenia wilgi i, oddzielona od niej warstwą piasków i żwirów, oliwkowa glina o litotypie O₂ — młodszego stadiała zlodowacenia odry charakteryzują się odmienną



Ryc. 4. Profile z glinami spływowymi i zwierzrzałymi. Objasnienia symboli petrograficznych w tekście. Symbole litostratygraficzne według tab. 4

Tab. 4. Wyniki analizy petrograficznej żwirów z profili z glinami spływowymi i zwierzrzałymi. Objasnienia symboli petrograficznych w tekście

Nazwa profilu	Głębokość	Zawartość żwirów (%)							Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B	Litostratygrafia (litotyp)	Stratygrafia glacjalna	
		Kr	Wp	Dp	Dp	Wl	Pl	Ml				
Bagienko	137,6–138,5	25,5	28,1	11,8	3,3	1,3	7,8	19,0	1,61–0,67–1,33	N ₂ -flow	zlod. nidy, st. młodszy	
	(2pr.)	139,5–141,5	23,2	24,3	10,2	10,1	3,4	5,6	19,3	1,76–0,74–0,97	N ₂ -flow	zlod. nidy, st. młodszy
	143,0–144,0	27,6	28,2	12,6	11,5	0,6	7,5	8,1	1,69–0,76–0,96	N ₂ -flow	zlod. nidy, st. młodszy	
	146,0–147,0	30,2	23,0	4,0	7,9	2,4	2,4	23,8	1,02–1,27–0,64	N ₂ -flow	zlod. nidy, st. młodszy	
	152,0–153,1	23,7	34,6	6,4	6,6	5,1	5,1	10,3	1,70–0,68–1,18	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
	162,0–163,0	30,8	40,4	1,9	5,8	1,9	1,9	14,4	1,51–0,75–1,12	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
	164,0–167,0	34,5	37,1	6,9	3,9	0,4	1,3	8,2	1,34–0,81–1,11	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
	169,0–170,0	24,8	42,4	4,0	6,4	3,2	5,6	8,8	2,00–0,57–1,41	(N ₁)	zlod. nidy, st. starszy (porwak)	
	174,0–174,8	28,4	35,5	2,1	7,1	1,4	3,5	5,7	1,50–0,79–1,02	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
	178,0–179,0	30,2	37,7	3,1	8,2	1,9	4,4	5,0	1,50–0,80–1,00	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
	181,0–182,0	30,7	36,0	10,6	5,8	0,5	2,1	10,6	1,68–0,67–1,22	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
	184,0–186,0	29,7	40,1	2,7	3,8	2,2	4,4	8,2	1,49–0,73–1,26	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
	188,0–189,0	24,7	31,9	6,0	3,6	3,0	11,4	1,2	1,47–0,75–1,19	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy	
191,0–192,0	25,2	40,5	1,8	8,1	1,8	3,6	9,0	1,75–0,68–1,15	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy		
Żytkiejmy Nadleśnictwo	2,0–4,0	31,9	36,7	15,1	1,2	0,8	11,8	0,5	1,59–0,64–1,50	B ₁ ? zwietrz.	zlod. wisły, st. starszy ?	
	6,0–7,0	30,8	47,1	6,4	2,5	0,6	7,4	2,5	1,73–0,60–1,54	B ₁ ? zwietrz.	zlod. wisły, st. starszy ?	
	8,0–9,0	34,4	43,4	5,6	2,2	0,6	9,4	1,9	1,41–0,74–1,27	B ₁ ? zwietrz.	zlod. wisły, st. starszy ?	
	10,0–11,0	33,8	43,7	4,6	2,8	0,0	8,4	4,0	1,50–0,71–1,31	B ₁ ? zwietrz.	zlod. wisły, st. starszy ?	
	12,0–13,0	29,7	47,7	10,5	1,9	0,3	6,5	2,2	1,94–0,53–1,77	B ₁	zlod. wisły, st. starszy	
	14,0–15,0	30,4	48,6	7,9	1,5	0,0	6,4	2,8	1,80–0,57–1,68	B ₁	zlod. wisły, st. starszy	

przewagą wapieni północnych nad skałami krystalicznymi. Starsza glina zawiera dużo piaskowców północnych. Występująca pod warstwą piasków, w górnej części profilu Łojków, glina zwałowa należy do starszego stadiała zlodowacenia warty. Tylko dolna próbka (87 żwirów) pobrana z tej gliny charakteryzuje litotyp W₁, w którym skały krystaliczne i wapień północne występują w podobnej ilości. Być może glina ta jest lekko zwierzrzała. Pozostałe 2 próbki, o małej frekwencji żwirów, wykazują przewagę skał krystalicznych nad pozostałymi składnikami bądź, tak jak w górnej próbce charakteryzują się występowaniem wyłącznie skał krystalicznych, piaskowców i kwarcu. Te próbki zostały pobrane ze strefy silnie zwierzrzałej gliny zlodowacenia warty — W₁ zwietrz. Glina ta ma plamiste, rdzawo-brązowo-oliwkowe za-

barwienie, a w części stropowej występują w niej przewarstwienia piaszczyste.

W profilu Wysokin, usytuowanym na zachód od profilu Łojki o ok. 10 km, brązowe, zwarte i piaszczyste gliny zwałowe leżą do głębokości 7,4 m (ryc. 5). W części stropowej, do głębokości 1,5 m, występują piaski ze żwirami. Niżej do głębokości 3 m występuje odwapniona, brązowa glina zwałowa z rdzawymi i szarymi smugami. Występujące w tym profilu gliny zwałowe tworzą jednolity poziom bez przewarstwień innych osadów. Badania petrograficzne (Gronkowska-Krystek, 1994b) wykazały jednak zróżnicowanie składu materiału żwirowego. Najniżej położona glina zwałowa o litotypie N₂ — młodszego stadiała zlodowacenia nidy i leżąca wyżej o litotypie G — zlodowacenia wilgi, różnią się nieco odmiennym stosunkiem skał krystalicznych do wapieni północnych i większą zawartością dolomitów w glinie górnej (tab. 5). Powyżej głębokości 5 m leży glina zwałowa o litotypie O₂ — młodszego stadiała zlodowacenia odry. W glinie tej wapienie północne prawie dwukrotnie przeważają nad skałami krystalicznymi.

Powyższa analiza badań petrograficznych upoważnia do stwierdzenia, że badania pojedynczych próbek ze zróżnicowanych petrograficznie glin o małej miąższości umożliwiają litostratygraficzne zaliczenie tych osadów do określonych litotypów. Ułatwia to określenie stratygrafii glin zwałowych. Prowadzone badania w Polsce północno-wschodniej umożliwiły, po zaliczeniu glin do odpowiednich litotypów, stratygraficzną interpretację glin zwałowych. Wyniki badań profilu Wysokin świadczą o tym, że jest to możliwe nawet dla litologicznie jednolitych kompleksów gliniastych. Kluczem do rozpoznawania poziomów litostratygraficznych jest charakterystyka petrograficzna glin zwałowych uzyskana dla profilów z centralnej części Pojezierza Mazurskiego (Lisicki, 1996a,b, 1997) i potwierdzona dla całej Polski północno-wschodniej (m.in. Lisicki, 1998). Ostatnie badania autora coraz poważniej sugerują, że ten schemat petrograficzno-stratygraficzny może obowiązywać na obszarze znacznie większym niż Polska północno-wschodnia.

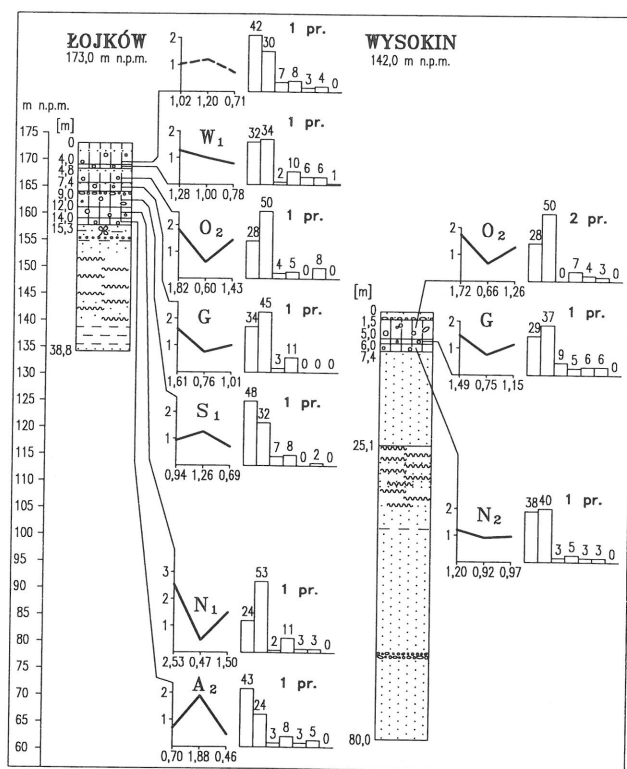
Pociąga to za sobą pewne konsekwencje dotyczące stratygrafii plejstocenu. Opisane w profilach Łojków i Wysokin gliny zwałowe, dotychczas powszechnie wiązane w tamtym rejonie ze zlodowaczeniem odry, są różnowiekowe. Reprezentują one osady kilku nasunięć lądolodu skandynawskiego. Scharakteryzowane profile można również inaczej interpretować. W obu profilach gliny zwałowe występujące w ich górnej części, do litotypu O₂ włącznie, można traktować jako leżące *in situ*, a pozostałe (G, S₁, N₂, N₁ i A₂) w pozycji porwaków. Jest to jednak mało prawdopodobne, a taka interpretacja geologiczna za bardzo skomplikowana. Takiej koncepcji zdają się również przeczyć wyniki badań petrograficznych glin z sąsiedniego arkusza Białobrzegi (Gronkowska-Krystek & Marcinkowski, 1997). Występujące tu gliny o większej miąższości są rozdzielone palinologicznie zbadanymi osadami interglacjalu ferdynandowskiego. Leżące poniżej tych osadów gliny zaliczono do litotypów: S₂, S₁, N₂ i A₂, a leżące powyżej do litotypów: G, O₁, O₂ i W₁ (symbole wg Lisickiego, 1996a,b, 1997).

W profilu Łojków, podobnie jak na arkuszu Białobrzegi, badania petrograficzne określiły najmłodszą glinę zwałową jako osad lądolodu zlodowacenia warty. Jest więc bardzo prawdopodobne, że lądolód tego zlodowacenia

wacenia przekroczył dzisiejszą dolinę dolnej Pilicy. Możliwość dalszego zasięgu lądolodu zlodowacenia warty w tym rejonie była już wcześniej dyskutowana i postulowana (Marks i in., 1995).

Wnioski metodyczne i podsumowanie

Zbiory obliczonych współczynników petrograficznych żwirów z glin zwałowych składają się z dwóch podzbiorów. Pierwszy z nich, jak wynika z badań nie tylko dla obszaru Mazur, charakteryzuje się stosunkowo małym rozrzutem wartości (przeważnie do ok. 25% w stosunku do wartości średniego podzbioru). Są to wartości określające cechy petrograficzne glin zwałowych (głównie wytopnieniowej — typu *melt-out*) występujących *in situ*. Wartości drugiego podzbioru odbiegają znacznie od tła petrograficznego wartości pierwszego podzbioru. Te odmiennie wyniki liczbowe można interpretować jako charakterystyczne dla porwaków starszych glin w młodszym stadiałach zwałowych leżących



Ryc. 5. Profile z glinami zwałowymi o małej miąższości. Objaśnienia symboli petrograficznych w tekście. Symbole litostratygraficzne według tab. 5

Tab. 5. Wyniki analizy petrograficznej żwirów z profilów z glinami zwałowymi o małej miąższości. Objaśnienia symboli petrograficznych w tekście

Nazwa profilu	Głębokość	Zawartość żwirów (%)							Współczynniki petrograficzne O/K-K/W-A/B	Litostratygrafia (litotyp)	Stratygrafia glacjalna
		Kr	Wp	Dp	Pp	W _L	P _L	M _L			
Łojków	1,80–3,00	84,6	0,0	0,0	5,1	0,0	5,1	0,0	0,06–0,00–0,00	W ₁ zwielzr.	zlod. warty, st. starszy
	3,00–4,00	42,1	30,5	7,4	8,4	3,2	4,2	0,0	1,02–1,20–0,71	W ₁ zwielzr.	zlod. warty, st. starszy
	4,00–5,00	32,2	34,5	2,3	10,3	5,7	5,7	1,1	1,28–1,00–0,78	W ₁	zlod. warty, st. starszy
	6,00–7,00	28,2	49,6	4,3	5,1	0,0	7,7	0,0	1,82–0,60–1,43	O ₂	zlod. odry, st. młodszy
	7,50–9,00	33,5	44,8	3,0	10,8	0,5	0,0	0,0	1,61–0,76–1,01	G	zlod. wilgi
	10,00–11,00	47,6	32,4	6,9	7,6	0,0	2,1	0,0	0,94–1,26–0,69	S ₁	zlod. sanu, st. starszy
	12,00–13,00	24,2	53,0	1,5	10,6	3,0	3,0	0,0	2,53–0,47–1,50	N ₁	zlod. nidy, st. starszy
14,00–15,2	47,5	23,7	3,4	8,5	3,4	5,1	0,0	0,70–1,88–0,46	A ₂	zlod. narwi, st. młodszy	
Wysokin	3,0–4,0	28,6	50,4	0,0	7,6	2,5	2,5	0,0	1,73–0,67–1,22	O ₂	zlod. odry, st. młodszy
	4,0–5,0	27,0	49,6	0,9	6,1	5,2	3,5	0,0	1,71–0,66–1,29	O ₂	zlod. odry, st. młodszy
	5,0–6,0	28,9	36,8	8,8	5,3	6,1	6,1	0,0	1,49–0,75–1,15	G	zlod. wilgi
	6,0–7,4	38,4	40,4	3,4	4,8	3,4	3,4	0,0	1,20–0,92–0,97	N ₂	zlod. nidy, st. młodszy

przeważnie w dolnych ich częściach, prawdopodobnie w glinach z odłożenia (typu *lodgment*), albo dla stref zwietrzałych, a także charakteryzujące zwałowe gliny spływowe (typu *flow*) lub gliny deluwialne, czyli utwory podlegające procesom zboczowym. Tak więc nie wszystkie odbiegające od średnich wyniki badań tłumaczy się wyłącznie występowaniem porwaków. Z drugiej jednak strony badania geologiczne prowadzone na Pojezierzu Mazurskim dowiodły, że niekiedy porwak starszej gliny wyłącznie buduje poziom gliny zwałowej (Lisicki, 1996b). Średnie wartości współczynników petrograficznych, charakteryzujące litotypy glin zwałowych, oblicza się tylko z pierwszego podzbioru wartości. Sposób chronostratygraficznego przyporządkowania poszczególnych litotypów glin zwałowych Polski Północno-Wschodniej został szeroko omówiony w opracowaniu autora (Lisicki, 1996b) dotyczącym obszaru Pojezierza Mrągowskiego.

Przedstawiona metodyka analizy petrograficznej zwirow z glin zwałowych i podejście do litostratygrafii glin zwałowych pozwala sformułować następujące wnioski:

1. Na podstawie wyników analizy petrograficznej, w glinach zwałowych można wyróżnić porwaki starszych glin.

2. Odbiegające od tła petrograficznego wyniki analizy pojedynczych próbek osadu można określić jako charakteryzujące porwaki w młodszych glinach — przeważnie w dolnej części kompleksu (w zwałowej glinie z odłożenia — typu *lodgment*) albo jako zwałowe gliny spływowe (typu *flow*) lub również spływowe gliny deluwialne (w górnej części kompleksu).

3. W zbiorach współczynników petrograficznych dla poszczególnych glin zwałowych (po odrzuceniu współczynników porwaków i glin spływowych) rozrzut wartości jest stosunkowo mały — przeważnie dochodzi do 25% w stosunku do średnich wartości obliczonych dla określonego litotypu.

4. Gliny spływowe charakteryzują się, w stosunku do wytopnieniowych glin zwałowych, wzrostem zawartości dolomitów północnych, a także skał odpornych na niszczenie: krystalicznych oraz piaskowców północnych i lokalnych.

5. Osadem odpowiednim do określania litotypów, a tym samym litostratygrafii glin zwałowych jest glina zwałowa wytopnieniowa (typu *melt-out*); do tych badań nie nadaje się glina spływowa (p. str....), jak również glina z odłożenia — zawierająca przeważnie porwaki starszych glin.

6. Według dotychczasowych zaleceń, przy obliczaniu średnich wartości uzyskanych z analizy petrograficznej dla jednego poziomu glin zwałowych, były najczęściej odrzucane wyniki badań górnej i dolnej próbki albo dwa skrajne wyniki spośród wszystkich wyników. Odpowiadały one najczęściej próbkom z gliny zwietrzalej lub spływowej (w górnej części poziomu) oraz z glin występujących w pozycji porwaka (w dolnej części poziomu). Analiza wyników badań petrograficznych dla 32 profilów z rejonu Pojezierza Mrągowskiego pozwoliła stwierdzić, że miąższości glin występujących w pozycji porwaków w stosunku do miąższości wszystkich glin wynoszą średnio ok. 18% (maksymalnie do 69% w jednym profilu), a glin zwietrzałych lub spływowych (bez glin czerwonego kompleksu ilastego) — średnio ok. 3%. Przy obliczaniu średniej zawartości różnych rodzajów zwirow i średnich wartości współczynników petrograficznych powinno się odrzucać ok. 21% otrzymanych wyników badań.

7. Wyniki badań pojedynczych próbek z cienkich poziomów glin, jak i próbki o obniżonej zawartości zwirow (poniżej 100 sztuk), uzyskane z glin środkowej Polski, w skrajnych warunkach umożliwiają rozróżnienie litostratygraficzne osadów lodowcowych, co umożliwia interpretację stratygraficznej pozycji glin zwałowych.

8. Petrograficzny schemat litotypów uzyskany na podstawie badań glin zwałowych z obszaru centralnej części Pojezierza Mazurskiego prawdopodobnie może obowiązywać na obszarze o wiele większym, niż Polska Północno-Wschodnia.

9. Większe zróżnicowanie petrograficzne w ramach jednego litotypu dotyczyć mogą głównie zwiększonej w glinach zwałowych zawartości dolomitów północnych w stosunku do wapieni północnych. Zjawisko to występuje na obszarze Suwalszczyzny, położonym na południe od wychodni skał dolomitowych w północnej Litwie, ale w znaczący sposób jest charakterystyczne tylko dla niektórych poziomów glin zwałowych.

Literatura

- CHOMA-MORYL K., CZERWONKA J., KRYZA R. & MORYL J. 1984 — Geneza i stratygrafia osadów występujących na obszarze Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Mrągowo. CAG, 1972/92.
- CZERWONKA J. A. & KRZYSZKOWSKI D. 1995 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000 (opracowanie specjalne). Badania litostratygraficzne, arkusz Wieliczki (146) i Augustów (147). CAG, 1189/97.
- FERT Z. & PRUSZEK K. 1984 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski, arkusze: Żytkiejmy, Filipów — Badania petrograficzno-litologiczne osadów czwartorzędowych (opracowanie specjalne). CAG, 496/85.
- GRONKOWSKA-KRYSTEK B. 1994a — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Mikołajki. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych. CAG, 634/94.
- GRONKOWSKA-KRYSTEK B. 1994b — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Nowe Miasto n/Pilicą. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych. CAG, 1424/94.
- GRONKOWSKA-KRYSTEK B. & MARCINKOWSKI B. 1997 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Białobrzegi. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych. CAG, 2327/97.
- KENIG K. 1997 — Badania litologiczne z otworów wiertniczych Mapy geologicznej Polski 1 : 200 000. Prz. Geol., 45: 1181–1187.
- LISICKI S. 1996a — 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. 1996b — Plejstocen Pojezierza Mrągowskiego (rękopis). CAG, 2548/96.
- LISICKI S. 1997 — Pleistocene of the Mrągowo Lakeland. Geol. Quart., 41: 327–346.
- LISICKI S. 1998 (w druku) — Attempt of lithostratigraphic correlation of tills in northeastern Poland and southern Lithuania. Geol. Quart., 42.
- MARKS L., LINDNER L. & NITYCHORUK J. 1995 — New approach to a stratigraphic position of the Warta Stage in Poland. Acta Geograph. Lodz., 68: 135–147.
- RZECHOWSKI J. 1971 — Granulometryczno-petrograficzne własności glin zwałowych w dorzeczu środkowej Widawki. Biul. Inst. Geol., 254: 111–150.
- RZECHOWSKI J. 1974 — O litotypach glin zwałowych dolnego i środkowego plejstocenu na Niżu Polskim. Z. Nauk. UAM, Geografia, 10: 87–99.
- WINTER H. & LISICKI S. 1998 (w druku) — New palino- and lithostratigraphic interpretation of the Cainozoic lake sediments in the section Goleń, Mazury Lakeland. Geol. Quart., 42/2.
- WOŹNIAK E., BUGAJSKA J. & PAŹDZIERZ I. 1985 — Opracowanie specjalne. Badania litologiczno-petrograficzne osadów czwartorzędowych — dla Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, ark. Piecki. CAG, 486/89.
- ZABIELSKI R. 1996 — Application of a petrographic method to identification of the till floes. Geol. Quart., 40/2: 283–298.