

WŁADYSŁAW PIOTROWICZ

## NIEKTÓRE CECHY PETROGRAFICZNE IŁÓW ELBLĄSKICH Z NADBRZEŻA

(fig. 6)

*Some petrographic features of the Elbląg clays from Nadbrzeże  
(Northern Poland)*

(fig. 6)

Streszczenie. W pracy opisano iły elbląskie (yoldiowe) z Nadbrzeża. Na podstawie składu mineralnego i zawartości fauny wyróżniono 6 odmian iłów. Są one silnie zaburzone glacitektonicznie.

### WSTĘP

Do najbardziej interesujących utworów plejstocenu na wschód od ujścia Wisły należą iły, zawierające faunę arktyczną z *Yoldia arctica* i *Cyprina islandica* na czele, jako jedyne tego typu osady w Polsce. W literaturze noszą one nazwę iłów elbląskich, chociaż często określane są również jako iły yoldiowe. Zalegają one na obszarach Wyżyny Elbląskiej, głównie na północny wschód od Elbląga w pasie rozciągającym się wzdłuż brzegów Zalewu Wiślańskiego aż po Braniewo. Iły te zostały stwierdzone również w Elblągu podczas wykonywania płytkich wierceń oraz w najbliższej jego odległości, w rezerwacie parkowym Bażantarnia. Głównie odsłaniają się one w pasie nadbrzeżnym w licznych tu odkrywkach cegielni.

Opisane w 1876 roku przez A. Jentzsch'a, były tematem bardzo wielu prac i artykułów, głównie jednak z geologicznego punktu widzenia. Z uwagi na występowanie obfitej i ciekawej fauny oraz flory zostały one i pod tym względem szczegółowo scharakteryzowane.

Makrofauna, którą spotykamy w iłach znad Zalewu nie wszędzie jest jednakowo rozpowszechniona, gdyż w niektórych odkrywkach nie widzimy jej wcale. Nie zawsze też jest ona reprezentowana przez dobrze zachowane formy. Często obserwujemy ją pod postacią zniszczonych fragmentów skorupki, rzadko tworzących niewielkie skupiska. W iłach tych już makroskopowo możemy wyróżnić szereg odmian odznaczających się różną barwą, zawartością w nich substancji ilastych, własnościami fizycznymi, a przede wszystkim obecnością lub brakiem makrofauny. Makrofaunę spotyka się wyłącznie w jednej odmianie iłów, barwy zielonoszarej. Wskutek występowania mięczaka *Yoldia arctica* tylko w tym iłach, należałoby go więc nazwać iłem yoldiowym. Nazwą tą nie powinno się więc obejmować wszystkich odmian iłów, jakie tu spotykamy, ale określać je ogólnie iłami elbląskimi.

Wśród badaczy zajmujących się tymi iłami oprócz A. Jentzsch'a należy wymienić G. Berendta, C. Gagela, W. Wolffa, P. Son-

taga, G. Madsa i innych, z badaczy polskich zaś przede wszystkim J. Lewińskiego, St. Lencewicza, B. Halickiego, R. Galona i Z. Kotańskiego.

Pierwsza praca A. Jentzscha (1876) o tych iłach dotyczyła występowania morskich osadów w okolicy Łęcze. W sprawozdaniu z prac polowych w r. 1885 wymieniony autor podaje, że odwiedził szereg cegielni nad Zalewem, stwierdzając, że tylko część zalegających tu iłów zawiera *Yoldia arctica* i *Cyprina*. Iły te poza tym są często poprzedzielane piaskami i glinami zwałowymi oraz są tak dalece zaburzone, że dokładne ich przebadanie wymagać będzie długoletnich studiów.

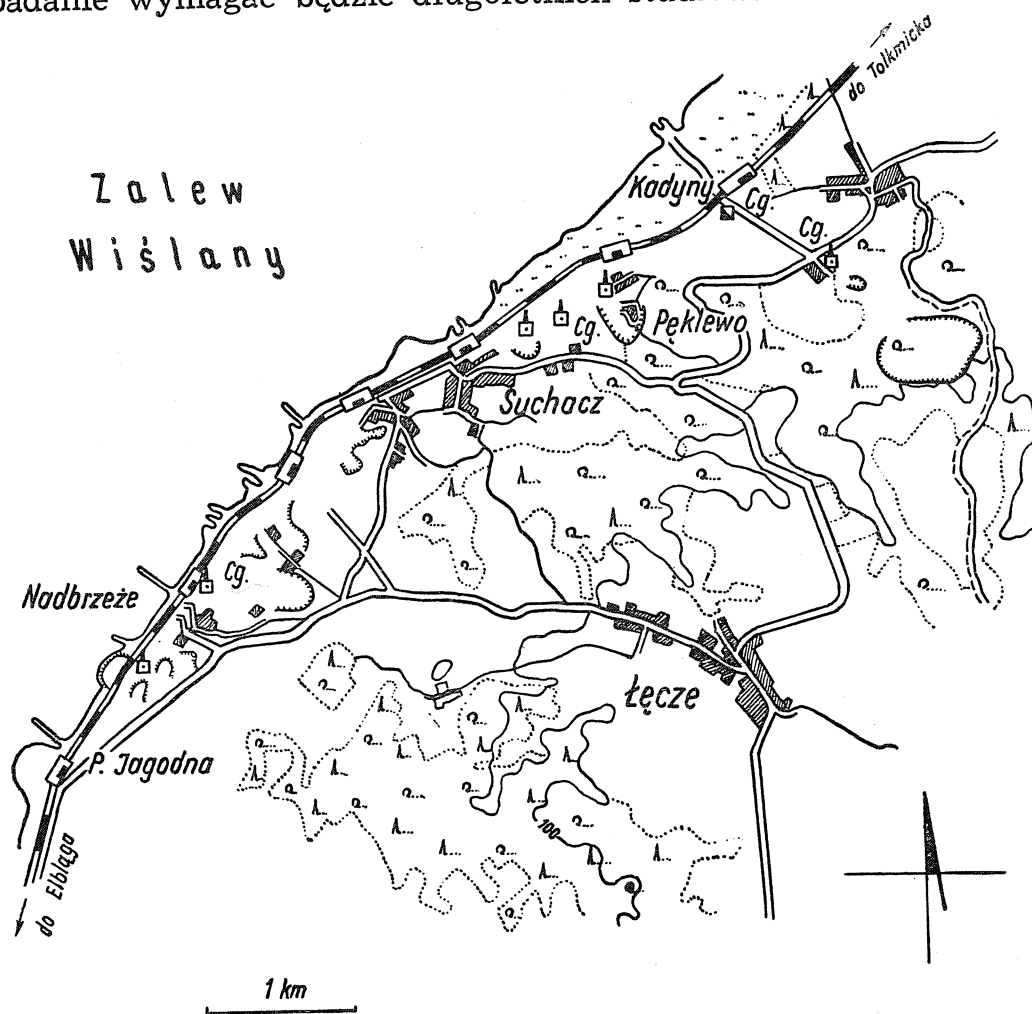


Fig. 1. Mapa odsłoneń iłów elbląskich nad Zalewem  
Fig. 1. Sketch-map of the clay pits in which the Elbląg clays are exposed

Z kolei w r. 1898 omawia on jeden profil iłów miąższości 25 m, spoczywających na pokładzie piasków, zawierających faunę słodkowodną *Dreissensia polymorpha* i *Paludina diluviana*.

Iły te w swej partii środkowej o miąższości 8 — 10 metrów zawierają *Yoldia* i *Cyprina*, natomiast stropowa część iłów pozbawiona jest fauny.

Według V. Zansa (1936), R. Galona (1952), P. Woldstedta (1955) i in., ily z *Yoldia arctica*, z okolic Elbląga są osadami Morza Portlandzkiego, które należy uznać za końcową fazę interglacjalnego morza, na terenie obecnego Bałtyku.

Zasięgiem tego morza była objęta południowa Skandynawia, północny cypel Danii, skraj południowego Bałtyku aż po Leningrad i Karię. Na

tych właśnie obszarach spotyka się osady morskie zawierające faunę arktyczną, a przede wszystkim *Yoldia arctica*.

St. Lenczewicz (1928), J. Lewiński (1930), B. Halicki (1951, — omawiając ily yoldiowe Danii stwierdzają, że ily elbląskie są odpowiednikiem chronologicznym osadów Skaerumhede. Również E. Krause (1928), N. W. Potułowa (1932), U. K. Ławronowa (1939) podkreślają duże podobieństwo iłów z fauną arktyczną z okolic Leningradu, nad rzeką Mga, do osadów znad Zalewu Wiślanego. Wiele uwagi iłom yoldiowym Finlandii i Szwecji poświęcił również M. Sauramo (1934).

W licznych pracach, jakie były poświęcone iłom elbląskim, nie znajdujemy żadnych danych dotyczących charakterystyki petrograficznej tych osadów. Jedynie W. Wawryk (1958, 1959) i M. Kamiński (1959) przeprowadzają dyskusję na ten temat. W pracy niniejszej zostaną podane niektóre cechy osadów z Nadbrzeża z petrograficznego punktu widzenia.

#### OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA REJONU WYSTĘPOWANIA IŁÓW ELBLĄSKICH

Nadbrzeże leży na granicy Żuław Wiślanych i Wysoczyzny Elbląskiej. Z jednej strony jest to więc obszar delty Wisły, której wschodni kraniec pod wzgórzami elbląskimi wrzyna się pomiędzy wysoczyzny, z drugiej zaś znajduje się podnóże wzniesień, które w okolicy obecnej odkrywki cegielni Nadbrzeże osiąga maksymalną dla najbliższego obszaru wysokość około 69 m n.p.m. Cała Wyżyna Elbląska, a szczególnie jej północno-wschodnia część jest pocięta licznymi i głębokimi do kilkunastu metrów jarami i dolinami strumieni. Te wcięcia erozyjne, szczególnie silnie uwiadcniają się na krawędzi wyżyny. W wyniku tego duże połacie zalegających tu iłów zostały odsłonięte i bardzo często występują tylko pod cienką warstwą gleby. Całość osadów wyżyny Elbląskiej wskutek działania lodowca jest bardzo zaburzona. Tornquist (1910) podaje, że pokłady między Tolkmickiem poprzez Kadyny do Łęcza są tak skomplikowane, że trudno otrzymać jakiś jasny obraz ich zalegania, kolejności warstw itp.

Przed posuwającym się z północy czołem lądolodu pokłady iłów pośladowały się i wypiętrzyły, toteż ily elbląskie znajdują się o kilkadziesiąt metrów powyżej obecnego poziomu morza. Bardzo silne spiętrzenie i stłoczenie osadów przez lodowiec można dokładnie obserwować w kopalni iłów w Kadynach. Fakty te mogą właśnie wskazywać na czas ich powstania.

Poza tym pokłady te uległy porozrywaniu, tworząc wielkie kry, które niejednokrotnie musiały być odwrócone o 90° w stosunku do swego pierwotnego położenia. Czasami są one poprzedzielane materiałem skalnym pochodzącym z lodowca, co stale jest widoczne we wszystkich odsłonięciach. Z drugiej strony ostatnie zlodowacenie ustępujące z terenów zaburzonych przez siebie iłów pozostawiło na nich pokrywę utworów moreny dennej, gliny piaszczystej i piasków.

#### CZEŚĆ OPISOWA

Dla uzyskania charakterystyki osadów, zalegających na terenie kopalni ceg. „Nadbrzeże” oparto się na badaniach składu granulacyjnego zarówno za pomocą analizy sitowej, jak i sedimentacyjnej (areometrycz-

nej). Przeprowadzono badania mikroskopowe wydzielonych minerałów ciężkich, wykonano szereg analiz chemicznych.

Przy opisach tych osadów będziemy operowali nazwami „ił tłusty”, „średniotłusty” lub „chudy”. Zgodnie z nomenklaturą proponowaną przez pracowników Katedry Mineralogii i Petrografii Politechniki Gdańskiej (W. Wawryk i in. 1953) iłem tłustym nazwiemy skałę, która zawiera ponad 50% substancji ilastej, średniotłustym 50 — 30%, a chudym 30 — 20%. Piasek ilasty zawierałby więc substancje ilaste w ilości od 20 — 10%. Pod pojęciem mułku rozumieć należy skałę zbudowaną z pelitu kwarcowego o średnicy ziarn od 0,02 — 0,003 mm. Gdy zawartość substancji ilastych nie przekracza 20% — surowiec nosi nazwę mułku ilastego.

Analizując przekroje poprowadzone przez otwory wiertnicze (20) wykonane na terenach Nadbrzeża, można stwierdzić, że skały ilaste zalegają tu dosyć wąskim pasem i tworzą niezbyt rozległy płat wyklinowujący się w kierunku NE.

Jego granica północno-wschodnia przebiega po zboczu wzniesienia, którego szczyt zbudowany jest z piasków i gliny zwałowej, natomiast od strony południowej i zachodniej pokład iłów ograniczony jest odkrywkami kopalni.

W kierunku półn-zachodnim i częściowo zachodnim złoże zapada się pod podkład luźnych piasków. Iły rozprzestrzeniają się głównie w kierunku N i W, przy czym w tym samym kierunku zmniejsza się ich miąższość. Otwory wiertnicze sięgały przeważnie do głębokości 20 — 22 m, nie przebijając spągu utworów ilastych. Występują tu mułki ilaste, jak i mułki zbudowane prawie wyłącznie z pelitu kwarcowego oraz liczne odmiany iłów o różnej barwie, zawartości substancji ilastych, teksturze i strukturze.

Należy podkreślić, że iły nie tworzą regularnych poziomów czy warstw,

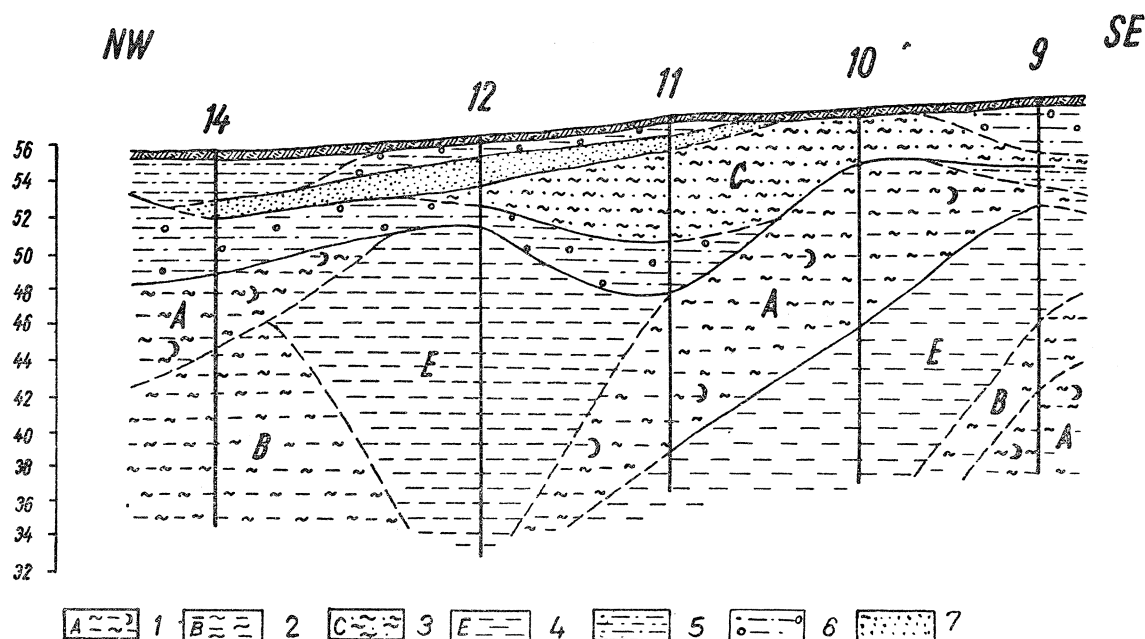


Fig. 2. Przekrój przez otwory wiertnicze wykonane na terenie cegielni Nadbrzeże. 1 — ił mułkowy z fauną; 2 — ił mułkowy bez fauny; 3 — mułek ilasty; 4 — ił tłusty; 5 — piasek ilasty; 6 — glina zwałowa; 7 — piasek drobnoziarnisty

Fig. 2. Cross-section of the Elbląg clays based on bore-holes drilled in the clay-pit at Nadbrzeże. 1 — silty clay with marine fauna; 2 — silty clay without fauna; 3 — clayey silt; 4 — plastic clay; 5 — clayey sand; 6 — boulder clay; 7 — fine-grained sand

obserwujemy natomiast dużą zmienność odmian zalegających tu utworów — zarówno w ich jakości, jak też i rozprzestrzenieniu.

W Nadbrzeżu zjawiska te uwypuklają się stosunkowo najmniej wyraźnie, w porównaniu z innymi punktami, jak np. w Suchaczu, Pęklewie czy też w odkrywcze iłów w Kadynach.

Dominującymi osadami w złożu są szary lub zielonkawy ił mułkowy (oznaczony w profilach literą A) zawierający faunę arktyczną oraz ił mułkowy posiadający w stanie wilgotnym barwę mniej lub więcej szarą, często z naciekami rdzawymi i pozbawiony makrofauny (B). Iły te przechodzą stopniowo w mułki ilaste, z częstymi wkładkami piasku (C).

Iły yoldiowe (mułkowe) osiągają na terenie Nadbrzeża 16 — 18 m miąższości. Mogą przenikać się wzajemnie z ıłem zasobniejszym w substancje ilaste, a pozbawionym fauny. Niekiedy ta ostatnia skała jest nadległa w stosunku do ıłów yoldiowych, czasem tworzy w nim duże soczewki, zalegając na przemian i powtarzając się kilkakrotnie, jak to widzimy w przekroju. Najczęściej jednak spotykamy ją w partiach środkowych złoża.

Nie można tu mówić o jakiegokolwiek prawidłowości dotyczącej wzajemnego zalegania ıłów, niemniej jednak oba te osady w złożu Nadbrzeża stanowią zasadniczą masę (ok. 80%).

Czasem zalegają one bezpośrednio pod glebą, przeważnie jednak przykryte są osadami nieplastycznymi, których miąższość wynosi od 0,4 do 6,0 m, a w skrajnych granicznych otworach ponad 10,5 m.

Średnia miąższość nadkładu dla złoża wynosi 1,5 m, przy czym około 70% ıłów znajduje się pod tą pokrywą. Iły mułkowe są pozbawione szkodliwych domieszek ziarnistych, z wyjątkiem okruchów i resztek muszli.

Iły mułkowe zawierające makrofaunę odznaczające się swoistą teksturą. Jest ona prawie luźna. ıł składa się jak gdyby z poszczególnych drobnych grudek, które dają się bez wysiłku rozdrobnić w palcach. Ta mała ich zwartość wynika z niedużej stosunkowo ilości obecnych w nich substancji ilastych. Z drugiej strony „serowata” konsystencja mogłaby wskazywać, że ıły yoldiowe nie były na tym terenie poddawane silniejszemu ciśnieniu, które by je mocniej sprasowało. Można by również przypuszczać, że były one w swej masie przemarznięte, a po ustąpieniu lądolodu i odtajaniu zachowały swoją dzisiejszą teksturę.

Wskazywałoby na to zachowanie w ıłach nie zniszczonych, kruchych skorupiek *Yoldia*.

Iły tłuste i średniotłuste z terenu Nadbrzeża stanowią około 20% całości surowców tego złoża. Składają się one z kilku odmian. A więc wyróżniamy tu ıły barwy seledynowej (D), zalegające przeważnie w stropie złoża tuż pod osadami nieplastycznymi oraz ıły ciemnoszare, w stanie wilgotnym prawie czarne (E).

Plastyczne ıły szare lub ciemnoszare występują czasami na terenie Nadbrzeża w postaci soczewek o bardzo poważnej miąższości, dochodzącej do 18, a nawet więcej metrów (średnio 7 m). Przeważnie jednak tworzą nieduże wkładki w ıłach mniej plastycznych.

Iły siwe tłuste, jak i średniotłuste, tworzą zwykle jednolite niezróżnicowane poziomy bez jakichkolwiek uwarstwień. Poza wyżej wymienionymi odmianami spotykamy tu charakterystyczne dla Wyżyny Elbląskiej ıły tłuste barwy czekoladowoczerwonej z różnymi odcieniami (F). Te ostatnie na terenie Nadbrzeża występują w nieznacznych ilościach w postaci wtrąceń, warstw i soczewek, o miąższości niekiedy dochodzącej do

13 m. Są one bardzo silnie zwarte, trudne do eksploatacji, zwłaszcza w okresie letnim. W niektórych odkrywkach (Suchacz) są eksploatowane przy użyciu materiałów wybuchowych.

Wymienione wyżej ility wyczerpałyby występujące tu zasadnicze ich odmiany. Nie ulega jednak wątpliwości, że mogą występować lokalne zróżnicowania, związane z zaburzeniami sedimentacji czy też działalnością lodowca.

Po tym ogólnym omówieniu utworów ilastych Nadbrzeża dla pełniejszej ich charakterystyki zbadano utwory odsłaniające się w czterech profilach, po dwa z poziomu dolnego kopalni i dwa z górnego. Obecnie eksploatowany jest poziom górny.

#### Profil I i II z dolnej kopalni

I. Jak z przedstawionego profilu wynika, w stropie zalega 3-metrowej miąższości warstwa iltu mułkowego (1-A) barwy zielonkawoszarej w stanie wilgotnym, zawierającego mniejsze lub większe ilości *Yoldia arctica*.

Fauna ta jest często pogruchotana i zniszczona, lecz udaje się niekiedy wyizolować i całe skorupki.

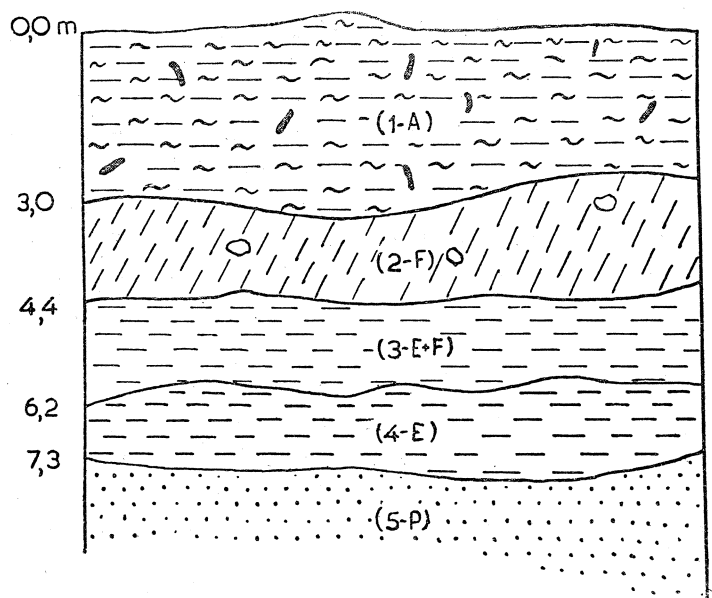


Fig. 3. Profil I z kopalni dolnego poziomu. 1 — ilt mułkowy szarzielony, słabo zwarty ze skorupkami fauny *Yoldia* (A); 2 — ilt średniotłusty, czekoladowoczerwony, silnie zwarty z pojedynczymi otaczakami skał wapiennych (F); 3 — ilt tłusty szary z wtrąceniami iltu barwy czekoladowej (E + F); 4 — ilt tłusty ciemnoszary, bez fauny, zwarty (E); 5 — piasek drobnoziarnisty barwy szarej (P)

Fig. 3. Profile I of the lower level of the clay-pit. 1 — silty clay grey-green with fauna (*Yoldia*) A; 2 — red-brown clay with rare pebbles of carbonate rocks (F); 3 — grey clay with intercalations of brown clay (E + F); 4 — dark-grey clay, without fauna (E); 5 — grey fine grained sand (P)

Zdarzają się partie, w których nasilenie występowania fauny jest znaczne, a czasami występuje ona tylko w pojedynczych okazach. Tekstura tego iltu jest luźna, lekko porowata, jak gdyby gąbczasta. W stanie wilgotnym ilt łatwo daje się odspajać łopatą, rozsypując się przy tym na mniejsze bryłki.

Przeprowadzone badania przy zastosowaniu analizy areometrycznej wykazały, iż nie zawiera on prawie zupełnie frakcji piaszczystej, o śred-

nicy powyżej 0,2 mm. W tej frakcji widzimy resztki muszli, pojedyncze ziarna kwarcu, glaukonitu, pirytu, liczniejsze skalenie, ziarna magnetytu oraz dosyć częste otwornice i resztki roślinne.

W następnej warstwie profilu spotykamy się z odmianą łu tłustego barwy czekoladowoczerwonej lub kawowoczerwonej (2-F). łu ten często popularnie nazywamy jest „łłem yoldiowym”, chociaż nie zawiera makrofauny. Jest on silnie zwarty, w stanie wilgotnym wysoce plastyczny, intensywnie reaguje z HCl. W odróżnieniu od spotykanych tu innych odmian łów oprócz węglanów rozpylonych zawiera często drobny lub grubszy żwirek wapienny, a nawet większe, dochodzące do 10 cm średnicy głaziki. Są to erratyczne wapienie i dolomity silnie zwarte, obtoczone, o kształtach bulastych, z wyraźnymi rysami. Dolomity te mają barwę kremową, wapienie zaś przeważnie jasnoszarą.

Przeprowadzone badania tego łu metodą areometryczną wykazały stosunkowo dużą zawartość (4,3%) frakcji o średnicy powyżej 0,2 mm, przy sumarycznej zawartości piasku 17,6%. Piasek zbudowany jest przede wszystkim z kwarcu, nielicznych ziarn wapieni, o średnicy do 4 mm, częstego tu glaukonitu, skalenia, pojedynczych ziarn pirytu, minerałów ciemnych, płytek krzemionki opalowej oraz pojedynczych otwornic.

Z kolei w profilu zalega prawie dwumetrowa warstwa łu tłustego, barwy ciemnoszarej (3-(E + F) ze smugami i wtrąceniami łu leżącego wyżej, co wpływa na zanik wyraźnej granicy między nimi.

Surowiec ten jest silnie plastyczny, zwarty, pod wpływem HCl burzy. Brak w nim zanieczyszczeń w postaci ziarnistych wapieni. W oparciu o analizę areometryczną stwierdzamy znaczne zmniejszenie zawartości piasku oraz wzrost substancji ilastych. Zbadanie pozostałości pod lupą pozwala zaobserwować często dobrze zachowane otwornice, które w poprzedniej warstwie występowały tylko pojedynczo. W składzie mineralnym pozostałości na sicie 0,2, obok podstawowych minerałów obserwujemy stosunkowo częste ziarna magnetytu.

W partii spągowej odsłania się odmiana łu barwy ciemnoszarej z lekkim odcieniem zielonkawym, a prawie czarnoszarej w stanie wilgotnym (4-E). Charakterystyczną cechą tego łu jest bardzo mała zawartość frakcji piaszczystej, a wysoka substancji ilastych. Badanie frakcji piaszczystej pod lupą, poza dominującym kwarcem wykazuje mniej więcej podobny skład mineralny jak u wyżej wymienionych skał.

Stosunki zmienności składu granulometrycznego łów profilu I podaje tabela 1.

Tabela 1

Skład granulometryczny próbek łów profilu I w %

Nr warstwy i oznaczenie odmiany w profilu	Frakcja piaszczysta		Mułkowa (0,02 – 0,003) mm	Ilasta (< 0,003 mm)
	(> 0,2 mm)	(0,2 – 0,02 mm)		
1 (A)	0,40	21,60	49,60	28,40
2 (F)	4,30	13,30	28,10	48,20
3 (E ÷ F)	0,40	9,50	34,60	55,50
4 (E)	0,10	3,30	40,20	56,40

W łąch omawianego profilu wyodrębniono frakcje piaszczyste, z których za pomocą bromoformu wydzielono minerały ciężkie. W zespole tych

minerałów przede wszystkim widzimy duże ilości siarczków żelaza pod postacią kryształków, utworów kulistych lub form przypadkowych. Skupiają się one często na powierzchni okrzemek. Czasami siarczki te pokryte są warstwą opalu, a niekiedy warstewki te powtarzają się na przemian po kilka. Okrzemki są często pokryte siarczkami na całej swej powierzchni lub częściowo albo widoczne są tylko pojedyncze ich ziarna. Siarczki żelaza spotykane są również wewnątrz otwornic, dzięki czemu znalazły się one we frakcji ciężkiej. Poza tym widzimy tu dosyć częste skupienia opalowej krzemionki w formie blaszek z naciekami limonitu oraz pojedynczymi ziarnami pirytu.

Pozostałe minerały ciężkie, jak granaty, amfibole, zoizyty, cyrkony i inne, występują tu pojedynczo.

Zupełnie inaczej przedstawiają się stosunki tych minerałów w ile barwy czekoladowoczerwonej (2-F). Tu są one reprezentowane przede wszystkim przez amfibole, granaty i minerały nieprzeźroczyste. Stosunki te podaje tabela 2.

Tabela 2

Zawartość minerałów ciężkich w ile barwy czekoladowoczerwonej (2 — (F)). Profil I w %

Nazwa minerału	Frakcja	
	0,2—0,1 mm	0,1—0,06 mm
Minerały nieprzeźroczyste	32	32
Amfibol	22	14
Granat	14	11
Cyrkon	4	5
Epidot	3	6
Zoizyt	3	7
Glaukonit	8	5
Chloryt	3	5
Rutyl	2	3
Biotyt	2	1,5
Apatyt	0,3	2
Staurolit	0,6	2
Dysten	—	0,6
Sylimanit	—	0,6
Piroksen	—	0,6
Turmalin	0,3	0,6
Minerały nieoznaczone	2	2
Agregaty	4	2

Przeprowadzone badania pod lupą frakcji piaszczystej i wydzielenie minerałów ciężkich nie pozwalają dopatrzeć się różnic w sedimentacji poszczególnych odmian ilów, raczej wskazują na wspólne, a przynajmniej przybliżone źródło materiału wyjściowego.

Dla pełniejszej charakterystyki utworów ilastych profilu wykonano analizy chemiczne, których wyniki podane są w tabeli 3.



Tabela 3

Zestawienie wyników analiz chemicznych ilów profilu I w %

Składnik	Oznaczenie warstwy w profilu			
	(1-A) ił mułkowy	(2-F) ił czek.-czerw.	(3-(E + F)) ił tłusty szary	(4-E) ił tłusty
SiO <sub>2</sub>	58,76	55,65	50,11	52,27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,00	11,36	14,88	13,81
TiO <sub>2</sub>	0,37	0,75	0,65	0,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,36	7,27	7,44	6,82
MnO	0,04	0,05	0,06	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,29	0,13	0,24
CaO	2,89	6,30	6,24	6,37
MgO	2,97	2,68	3,68	2,46
K <sub>2</sub> O	2,94	2,90	3,28	2,54
Na <sub>2</sub> O	1,19	0,85	0,95	0,95
SO <sub>3</sub>	0,10	0,11	0,08	0,02
S	1,16	0,07	0,13	0,15
CO <sub>2</sub>	3,04	5,30	5,70	5,20
CO <sub>2</sub> org.	0,10	—	—	—
H <sub>2</sub> O —	2,39	2,19	1,93	2,78
H <sub>2</sub> O +	4,45	4,14	4,57	5,42
Suma	99,98	99,81	99,83	99,71

Analizy chemiczne tych ilów nie wykazują bardziej wyraźnych różnic. W pewnym stopniu wyróżnia się tu ił yoldiowy (1-A), który odznacza się przede wszystkim wysoką, procentową zawartością siarki siarczkowej, który to składnik w pozostałych ilach występuje w ilościach niedużych. Ił ten jest również najbardziej zasobny w SiO<sub>2</sub> i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, przy najniższej zawartości CaO.

W pozostałych ilach zawartość tego składnika jest prawie 2-krotnie wyższa, co podkreśla ich charakter węglanowy. Pewne, chociaż nieznaczne różnice wykazuje również ił tłusty szary [3-(E + F)], w którym zmniejszyła się znacznie zawartość krzemionki, a wzrosła ilość glinki.

Inne tlenki pozostają we wszystkich ilach w zbliżonych granicach.

Uderza przede wszystkim duża zawartość MgO, co może sugerować, że magnez występuje tu między innymi w sieci minerałów ilastych. Wskazywałaby na to także niska na ogół zawartość glinki. Część magnezu może być wprawdzie związana w węglanach, jednak ilość CO<sub>2</sub> nie może go związać w całości, gdyż jest wyraźnie niewystarczająca.

Wydaje się również, że stosunkowo wysoka zawartość alkaliów tylko w części może wchodzić w skład skaleni i glaukonitu. Główna ich ilość raczej sugeruje obecność minerałów ilastych typu ilitowego.

Wysoka na ogół zawartość — P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — potwierdza częste występowanie w ilach wiwianitu.

II. Inne stosunki w zaleganiu utworów ilastych obserwujemy w profilu II kopalni dolnej.

W stropie poza ilem zawierającym makrofaunę, o wyglądzie zbliżonym do ładu z *Yoldia arctica*, spotykamy szereg surowców chudych, mułkowych,

by dopiero w spągu na głębokości około 4,5 m natrafić ponownie na typowy ił ciemnoszary. W surowcach mułkowych obserwujemy częste warstwowanie i pewne łagodne zresztą ich zaburzenia. Zaburzenia te można by raczej przypisać warunkom sedimentacji, a nie działalności lodowca.

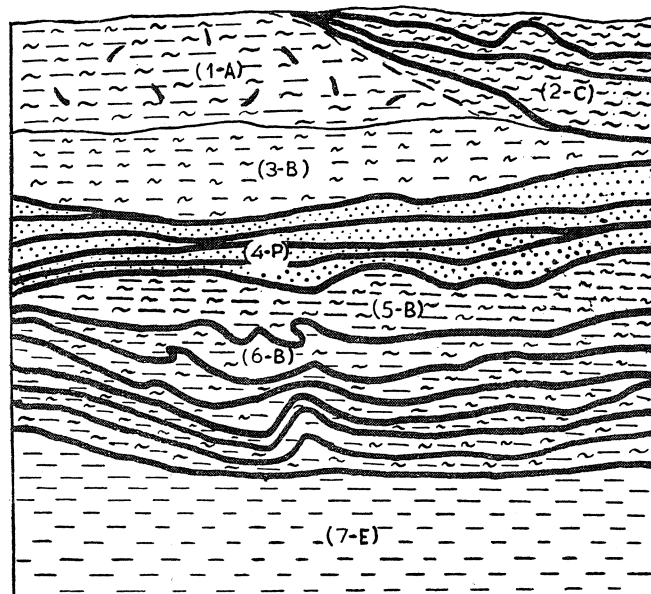


Fig. 4. Obraz zalegania utworów ilastych profilu II. 1 — ił szarzielony mułkowy z resztkami skorup (A); 2 — mułek ilasty z pojedynczą fauną (C); 3 — ił mułkowy szary bez fauny (B); 4 — piasek miękki szary nieco zaburzony z wstawkami mułkowo-ilastymi (P); 5 — ił mułkowy szary z drobnymi przewarstwieniami piasku (B); 6 — ił mułkowy, ciemnoszary z wstawkami mułkowymi, zaburzony (B); 7 — ił tłusty ciemnoszary (E)

Fig. 4. Bedding of the clays in the profile II. 1 — grey-green silty clay with fauna (A); 2 — clayey silt with rare fauna (C); 3 — grey silty clay without fauna (B); 4 — grey fine sand with intercalations of silts and clays (P); 5 — grey silty clay with thin intercalations of sand (B); 6 — dark-grey silty clay with intercalations of silts (B); 7 — dark-grey clay (E). The layers 4 and 6 are deformed

Te zmiany warunków sedimentacji i jakości utworów uwypuklają się w tabeli podającej wyniki analizy areometrycznej. Obserwujemy tu wyraźne przejście od średnio tłustego ładu mułkowego, przez mułek ilasty do miękkiego piasku i ponowne przejście do ładu tłustego.

Tabela 4

Zmiany składu granulometrycznego utworów profilu II w %

Nr warstwy i oznaczenie odmiany w profilu	Miąższość w m	Fracja piaszczysta	Mułkowa	Ilasta
		(2,0 — 0,02 mm)	(0,02 — 0,003 mm)	(< 0,003 mm)
1 — A	0,5 — 1,7	5,24	63,32	31,44
2 — C	0,5 — 1,7	11,60	73,31	15,09
3 — B	1,7 — 2,5	17,00	55,75	27,25
4 — P	2,5 — 3,0	71,56	17,47	10,97
5 — B	3,0 — 3,6	37,93	36,35	25,72
6 — B	3,6 — 4,5	17,90	46,97	35,13
7 — E	4,5 — 6,0	4,95	42,94	52,11

Analizując podany profil widzimy ponadmetrową warstwę łu mułkowego (1-A) barwy zielonoszarej z licznymi zniszczonymi resztkami skorup mięczaków. Występują one bądź pojedynczo, bądź tworzą równoległe skupiska mogące świadczyć o odkładaniu się ich w strefach brzeżnych morza. Ku dołowi warstwy okruchy te zanikają. Różnią się one wybitnie od fauny w omówionym wyżej ile yoldiowym profilu I. Są to pozostałości grubych skorup mięczaków o większych rozmiarach, wyraźnym prążkowaniu, o bardzo silnych i grubych zamkach. Makrofauna jest tu reprezentowana przez resztki *Cyprina islandica*, przy jednoczesnym braku skorupek *Yoldia arctica*. Makroskopowo łu ten jest podobny do łu z *Yoldia*. Przeprowadzona analiza granulacyjna wykazuje jednak pewne zmniejszenie frakcji piaszczystej przy jednoczesnym wzroście frakcji mułkowej.

W kierunku południowo-wschodnim łu mułkowy wyklinowuje się, a jego miejsce zajmuje pokład mułku ilastego (2-C), barwy zielonoszarej, z pojedynczymi resztkami skorup. Mułek ten jest lekko zwarty, kruszy się pod naciskiem palców. Dostrzegamy w nim słabo zaburzone warstewki piasku miałkoziarnistego. Zarówno jeden, jak i drugi utwór ku spągowi przechodzi ponownie w łu mułkowy (3-B) barwy szarej, z pojedynczymi naciekami tlenków żelaza, pozbawiony już zupełnie makrofauny. Zawiera on znaczne ilości jasnego łyszczyku, jest słabo zwarty, podobny zresztą do typowych łów z fauną, co potwierdza również analiza areometryczna. Dalej ku spągowi zalega 0,5-metrowa warstwa szarego piasku mułkowego (4-P) z partiami jaśniejszej barwy, a pod nim łu mułkowo-piaszczysty (5-B), barwy zielonoszarej, dosyć zwarty, z licznymi rdzawymi plamami. Oprócz obficie występującego muskowitu obserwujemy w nim duże ilości resztek roślinnych, po których pozostały częste otworki będące drogą do przenikania roztworów tworzących rdzawe plamki i nacieki. Dalej ku spągowi występuje warstwa łu bardziej zasobnego w substancje ilaste (6-B) z licznymi silnie zaburzonymi warstwami jasnoszarego mułku, by wreszcie w spągu przejść w zwarty łu ciemnoszary (7-E).

Z porównania skał ilastych występujących w profilu I i II możemy wykazać zmienność w rozprzestrzenieniu poziomym poszczególnych utworów, a mianowicie zanik łu barwy czekoladowoczerwonej oraz z *Yoldia arctica*, a wystąpienie podobnych makroskopowo skał ilastych z *Cyprina* i utworów mułkowo-ilastych lub piaszczysto-mułkowych.

Wyniki analiz chemicznych również potwierdzają stopniowe przejście pomiędzy skałami ilastymi z jednej strony a piaskiem z drugiej.

W oparciu o wyniki analiz chemicznych można wnioskować, że utwory ilaste nie wykazują tu większych różnic w zawartości poszczególnych tlenków w porównaniu z analizami łów profilu I.

Skały tego profilu odznaczają się obfitą zawartością mikrofauny i flory. Fauna występuje pod postacią otwornic, małżoraczków i okrzemek. Według informacji uzyskanych od I. Brodniewicz jest to zespół zimnowodny. Otwornice przywiązane są zasadniczo do surowców zasobniejszych we frakcję ilastą. Ilość ich w tych skałach zmniejsza się konsekwentnie z tymi wartościami. W warstwach stropowych występują one w nieznacznej ilości, by zaniknąć całkowicie w piasku mułkowym (4 — P) i pojawić się w dużych ilościach w warstwie łu spągowego (7 — E). Otwornice przeważnie dobrze zachowane reprezentowane są przez kilka gatunków, głównie z rodziny *Elphidium* oraz pojedynczo z rodziny *Polimorphidae*. Występują one we frakcji powyżej 0,2 mm, a poniżej 0,2 mm nie ma ich, ewentualnie występują pojedynczo i w postaciach jak gdyby

skarłowaciących. W skałach stropowych profilu (1 — A) i (2 — C) obserwujemy duże ilości okrzemek, przy czym najczęściej są one spirytzowane.

Tabela 5  
Zestawienie wyników analiz chemicznych skał profilu II w %

Składnik	Oznaczenie warstwy w profilu		
	(1-A) ił mułkowy	(4-P) piasek mialki	(7-E) ił tłusty
SiO <sub>2</sub>	54,54	72,42	51,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,72	8,08	11,53
TiO <sub>2</sub>	0,65	0,55	0,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,95	3,90	8,84
MnO	0,05	0,03	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,55	0,05	0,30
CaO	4,59	2,44	6,61
MgO	3,90	2,17	3,54
K <sub>2</sub> O	3,04	2,24	3,16
Na <sub>2</sub> O	0,95	1,06	0,97
SO <sub>3</sub>	0,53	0,62	0,16
S	1,05	0,25	0,08
CO <sub>2</sub>	3,64	2,12	4,95
CO <sub>2</sub> org.	—	0,08	0,05
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	2,09	1,21	1,99
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	5,28	2,46	5,13
Suma	100,53	99,68	99,83

Tabela 6

Procentowa zawartość minerałów ciężkich  
w skałach profilu II

Na warstwy i oznaczenie odmiany w profilu	Fracje	
	0,1—0,06 mm	poniżej 0,06 mm
1 — A	3,09	3,81
2 — C	2,00	1,97
3 — B	3,05	0,83
4 — P	1,18	0,33
5 — B	3,63	0,51

W minerałach ciężkich, wydzielonych z frakcji piaszczystych, nie znajdujemy takiego ich stosunku ilościowego jak w skałach ilastych profilu I. Gdy tam na plan pierwszy wysuwały się granaty, amfibole, minerały nieprzeźroczyste i epidot, to w skałach profilu II dominujące są piryt, ewentualnie markasyt, przy pojedynczych jedynie okazach

minerałów ciężkich przezroczystych. To nagromadzenie się siarczków żelaza przywiązane jest do warstw (1 — A), (2 — C), (3 — B) i (5 — B), gdy w warstwie (6 — B) i (7 — E) miejsce ich zajął magnetyt.

Dla porównania zmian w zaleganiu i jakości utworów z kopalni górnej i dolnego poziomu przeprowadzono również charakterystykę prób z profilu III i IV — reprezentujących kopalnię górną.

Stropowa część gliny morenowej została usunięta jako nadkład. Rozpścierająca się pod nią warstwa piasku ilastego (1 — P) zawiera okruchy skalne i dość częste wtrącenia szarego mułku.

Pod tym piaskiem zalega ił średniotłusty barwy seledynowej z częstymi plamami i naciekami rdzawymi, silnie zwarty, z połyskującymi drobnymi blaszkami muskowitu (2 — D).

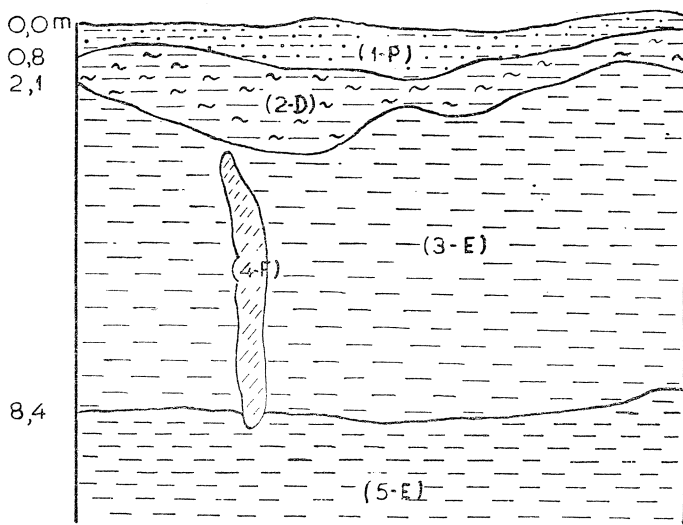


Fig. 5. Profil III odsłonięcia z Nadbrzeża. 1 — piasek ilasty, lekko zwarty barwy szarordzawej (P); 2 — ił średniotłusty seledynowy z rdzawymi naciekami (D); 3 — ił ciemnoszary, tłusty (E) z szeroką 0,8 m soczewką iłu barwy czekoladowoczerwonej (F); 5 — ił tłusty ciemnoszary zwarty (E)

Fig. 5. Profile III. 1 — rusty-grey clayey sand (P); 2 — green clay with rusty streaks (D); 3 — dark-grey clay (E) with a lense of red-brown clay (F); 5 — dark-green clay (E)

Analiza granulometryczna wykazała w nim zawartość około 47% substancji ilastych i nieduże ilości frakcji powyżej 0,2 mm. Ta ostatnia zbudowana jest głównie z niewielkich kongregacji wapiennych o średnicy do 2 mm. Powstały one przez przemycie wyżej leżącego piasku ilastego i osadzenie kukiełeczek w nieprzepuszczalnej warstwie iłu. Kwarzec budujący tę frakcję jest silnie skorodowany, ostro krawędzisty. Poza tym występują tu zlepki limonitowe, duże ilości magnetytu, pojedyncze skalenie, biotyt, glaukonit oraz otwornice. We frakcjach poniżej 0,2 mm oprócz typowych minerałów występuje wyjątkowo duża ilość płaskich płytek i zlepków krzemionki opalowej, barwy białej lub z naciekami limonitu. Ziarna glaukonitu są tu nieliczne, częste natomiast blaszki muskowitu, magnetytu i resztki roślinne. Poniżej zalega tłusty, ciemnoszary ił (3-E) o miąższości ponad 6 m, przechodzący w spągu w prawie czarny. W ił tym występuje wąska, około 6-metrowej długości kieszeń iłu barwy czekoladowoczerwonej, wtłoczona w pozycji pionowej. Ił ciemnoszary przypomina własnościami i wyglądem utwór zalegający w spągu profilu II (7-E), mimo że usytuowanie profilu III w stosunku do II wyraża się odległością 150 m

i około 10 m różnicy w pionie. Zbadana pozostałość na sicie 0,2 mm wykazuje bardzo istotne podobieństwo w składzie mineralnym. Oprócz podstawowych składników występują tu liczne otwornice. W odróżnieniu od otwornic znalezionych w iłach tego typu w profilu II są one reprezentowane tu przez jedną formę, gdy w pierwszym przypadku występowało kilka form.

Fakt ten mógłby sugerować o okresowych zmianach środowiska sedymentacji. Ił czekoladowoczerwony (4-F) zawiera substancje ilaste w ilości prawie 65%. Jest silnie zwarty, w stanie wilgotnym mocno plastyczny. Prawie pionowe ustawienie warstwy tego łu oraz wyraźne granice z surowcem szarym są prawdopodobnie wynikiem działania lodowca. Za przemieszczeniem natury glacictonicznej przemawiają spotykane w nim otoczaki i lustra tektoniczne.

Zbadanie frakcji piaszczystej występującej tu w minimalnej ilości, pozwoliło zaobserwować poza kwarcem obecność ziarn wapieni do 3 mm średnicy, częste skalenie, blaszki biotyту oraz liczne otwornice, różniące się jednak jakościowo od otwornic występujących w sąsiednim ileszarym. Świadczyć to może również o odrębnych warunkach sedymentacji, środowisku i ewentualnym czasie osadzania się łu barwy czekoladowej.

Ił spągowy (5-E) prawie czarnej barwy mimo dużego podobieństwa wyników analizy areometrycznej, jak również podobnego składu chemicznego z ileszarym (3-E) wykazuje nieco odmienny zespół mineralny na sicie 0,2 mm. Brak w nim przede wszystkim otwornic. Również magnetyt, który tam był istotnym składnikiem frakcji, tu prawie nie występuje. Częściej reprezentowany jest glaukonit, skalenie i ziarna wapieni. Te różnice wskazują na odmienne źródła osadzanego materiału, a może też i warunki sedymentacji obu warstw.

Tabela 7

Skład granulometryczny łów, występujących w profilu III w %

Nr i oznaczenie odmian w profilu	Piasek		Mułek	Subst. ilaste
	(> 0,2 mm)	(0,2 – 0,02 mm)	(0,02 – 0,003 mm)	(< 0,003 mm)
1 — C	19,30	46,30	17,20	17,20
2 — P	0,50	5,30	47,40	46,80
3 — E	0,40	14,40	35,30	49,90
4 — F	0,40	1,40	35,50	64,90
5 — E	0,30	6,30	44,00	49,40

Przeprowadzona analiza chemiczna próbek profilu III pozwala również ustosunkować się do łów poprzednich profili. Analiza chemiczna wykonana z łu (2-D) wykazuje dużą zawartość krzemionki, niewspółmierną z zawartością substancji ilastych, plastycznością, a nawet wyglądem makroskopowym skały. Opierając się na badaniach optycznych można tę wątpliwość tłumaczyć występowaniem znacznej ilości krzemionki opalowej.

Iły z warstw (3-E) i (5-E) mimo pewnych różnic w składzie mineralnym są całkowicie do siebie podobne.

Analiza chemiczna łu (4-F) wykazuje bardzo niską zawartość krzemionki, a stosunkowo dużą glinki i żelaza.

Reasumując widzimy, że w profilu tym można wydzielić jedną nową odmianę łu, tj. łu średniotłusty barwy seledynowej (2-D), gdyż pozosta-

łe nie różnią się od omówionych wyżej typów skalnych. Jednocześnie ił czekoladowej barwy, właśnie w tym profilu reprezentuje zasadniczy typ tego surowca.

Z kolei zbadano próby z profilu IV. Próbkę została pobrana po kilku miesiącach po profilu III, gdy czoło kopalni przesunęło się o kilkanaście metrów. Profil ten reprezentują, podobnie jak w profilu II poziomu dolnego, surowce chude i średniotłuste, wykazują one duże zróżnicowanie przez kilkakrotne następstwo wtrąceń i przewarstwień piasku.

Tabela 8

Zestawienie wyników analiz chemicznych iłów profilu III i IV w %

Składnik	Warstwa w profilu III				Warstwa profilu IV
	(2 — D)	(3 — E)	(4 — F)	(5 — E)	(4 — B)
SiO <sub>2</sub>	59,94	51,52	46,40	51,91	68,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,03	12,14	14,17	12,41	11,73
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,60	0,65	0,60	0,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,57	8,05	8,98	8,30	5,24
MnO	0,06	0,10	0,10	0,10	0,09
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,26	0,26	0,25	0,26	0,39
CaO	2,63	6,74	7,00	6,83	1,06
MgO	3,44	3,48	3,86	3,60	1,52
K <sub>2</sub> O	3,14	3,70	3,74	3,03	2,78
Na <sub>2</sub> O	0,87	0,86	0,67	1,02	1,39
SO <sub>3</sub>	0,01	0,02	ślady	ślady	ślady
S	ślady	0,12	0,08	0,12	ślady
CO <sub>2</sub>	1,86	5,36	6,65	5,67	0,51
CO <sub>2</sub> org.	—	—	0,13	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	2,87	2,11	1,90	1,82	2,20
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,82	4,61	4,97	4,55	3,54
Suma	100,20	99,67	99,55	100,22	99,85

Przeprowadzone badania składu mineralnego, jak i minerałów ciężkich wykazały, że skały ilaste tego profilu są analogiczne z profilem II kopalni dolnej, z tą różnicą, że zalegają tu jeszcze warstwy piasku, a w stropie profilu pod piaskiem ilastym zalega taka sama odmiana iłu barwy seledynowej (2-D) jak w profilu III (2-D).

Pewną różnicę wykazuje tu chudy ił mułkowy (4-B), odbiegający analizą chemiczną i areometryczną od dotychczas omawianych typów skał ilastych.

Analiza chemiczna tej próbki (tab. 8) wykazała może zbyt wysoką zawartość glinki — w porównaniu z innymi surowcami bardziej tłustymi. Wynika to jednak z obecności w niej dużej ilości glaukonitu, a poza tym skaleni. Wyższą zawartość krzemionki można wytłumaczyć obecnością w skale krzemionki opalowej.

To podobieństwo skał ilastych profilów II i IV wyraźnie widoczne jest przy porównaniu wyników analiz granulometrycznych (tab. 4 i 9).

Na uwagę zasługują również zalegające w profilu piaski. W warstwie (3-P) występuje 0,8 m warstwa piasku żwirowego, zielonoszarego, z obfi-

tymi przewarstwieniami piasku o barwie rdzawej. Frakcja żwirkowa (powyżej 2 mm) w ilości 13% reprezentowana jest przez okruchy skalne osięgające średnicę 20 mm, a składające się przeważnie ze skał wapiennych, zwartego mułku krzemionkowego, piaskowców oraz okruchów skał krystalicznych.

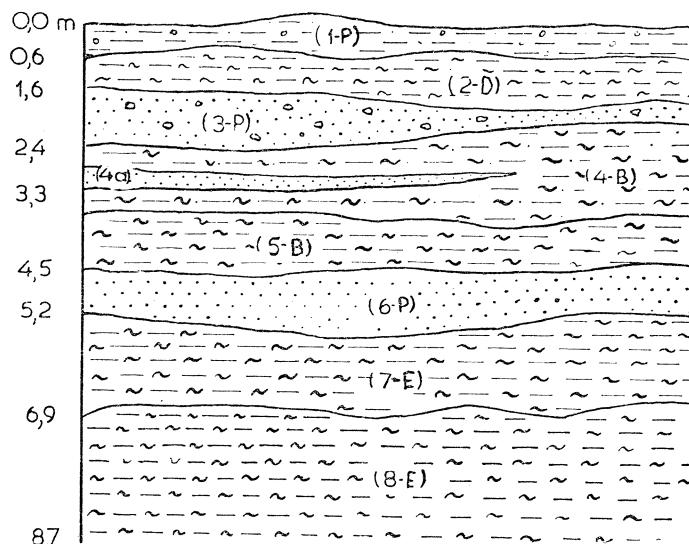


Fig. 6. Profil IV skał cegielni Nadbrzeże. 1 — piasek ilasty barwy rdzawej (P); 2 — il średnio tłusty barwy seledynowej z rdzawymi naciekami (D); 3 — piasek żwirkowy, zielonoszary, lekko zwarty (P); 4 — il mułkowo-piaszczysty, barwy zielonoszarej (B) z wkładką piasku (4a-P); 5 — il szary mułkowy z obfitymi naciekami, średniotłusty (B); 6 — piasek drobnoziarnisty zielonoszary (P); 7 — il ciemnoszary, średniotłusty (E); 8 — il szary średniotłusty, zwarty (E)

Fig. 6. Profile IV. 1 — rusty clayey sand (1-P); 2 — green clay with rusty streaks (D); 3 — grey-green pebbly sand (P); 4 — grey-green silty and sandy clay (B) with an intercalation of sand (4a-P); 5 — grey silty clay (B); 6 — grey-green fine-grained sand (P); 7 — dark-green clay (E); 8 — grey clay (E)

Tabela 9

Wyniki analizy areometrycznej skał z profilu IV w %

Nr warstwy i oznaczenie odmiany profilu	Fracja		
	żwirkowa i piaszczysta (2 — 0,02 mm)	mułkowa (0,02 — 0,003 mm)	ilasta (< 0,003 mm)
2 — D	3,40	51,20	45,40
3 — P	82,50	11,10	6,40
4 — B	32,10	42,80	25,10
4a — P	89,50	6,40	4,10
5 — B	8,30	57,10	34,60
6 — P	87,00	8,10	4,90
7 — E	4,10	55,90	40,00
8 — E	0,80	52,90	46,25

Fracje od 2 mm do 0,5 mm, zbudowane są w dalszym ciągu z przeważającą ilością ziarn wapiennych. Liczny kwarciec posiada często powierzchnię porysowaną, jest skorodowany i tworzy scementowane zlepki, niekiedy przerosty ze skalaniem i turmalinem. Bardzo licznie reprezentowane są skalenie. We frakcjach niższych zmniejsza się wyraźnie ilość ziarn węgl-



nowych, a na to miejsce zjawia się liczny glaukonit, o różnym zabarwieniu od jasnozielonego do rdzawozielonego. Z minerałów ciężkich są widoczne wyraźnie słupki hornblendy, turmalinu i in. Piryty spotykamy w pojedynczych ziarnach. Charakterystyczną cechą tego osadu jest stosunkowo wielka ilość ziarn o średnicy poniżej 0,06 mm (33,5%), na którą składa się miazga piasek, mułki (ok. 11%) i substancje ilaste (6,4%).

W ile (4-B) występuje wkładka piasku drobnoziarnistego (4a-P) barwy zielonoszarej, z obfitymi naciekami rdzawymi, w stanie suchym zwanego. Zawiera on około 2,5% żwirku, składającego się głównie z ziarn pegmatytów o średnicy do 10 mm, granitów, większej ilości skaleni i pojedynczych okruchów mułki krzemionkowej. Frakcja żwirkowa tego piasku różni się od takiej samej frakcji wyżej leżącego piasku, w której przeważały ziarna wapienne, co świadczyć może o pewnej odrębności źródła materiału macierzystego. Ziarna kwarcu są skorodowane, obok występują znaczne ilości glaukonitu i skaleni.

W warstwie (6-P) zalega drobnoziarnisty piasek barwy szarej, w stanie suchym lekko zwarty. Zawiera on również żwirek w ilości około 4,5%, składający się z ostrokrawędzistych okruchów mułki krzemionkowej, wapieni i dolomitów, dużych ilości pegmatytów, skaleni i kwarcu. We frakcjach niższych obserwujemy poza tym znaczne ilości glaukonitu.

Analizy sitowe piasków wykonane przez przemycie dały wyniki następujące:

Tabela 10

Analiza granulometryczna piasków z profilu IV

Frakcja	Warstwa w profilu		
	(3-P)	(4-P)	(6-P)
> 2 mm	13,05	2,50	4,35
1,0 — 2,0	5,40	2,00	4,00
0,5 — 1,0	7,20	6,30	9,65
0,2 — 0,5	14,02	28,40	32,50
0,1 — 0,2	15,86	30,20	32,20
0,06 — 0,1	11,02	13,30	9,40
< 0,06	33,45	17,30	16,90

Z tego przeglądu skał zalegających w 4 profilach widzimy podobieństwo poszczególnych odmian, a występujące niekiedy różnice w składzie mineralnym i faunie mogą sugerować pewne zmiany warunków sedymentacji i w mniejszym stopniu źródła materiału skalnego tworzącego te osady.

#### Badania minerałów ciężkich

Badaniom na zawartość minerałów ciężkich zostały poddane przede wszystkim utwory piaszczyste z różnych poziomów zalegania oraz wyizolowane z ilów frakcje piaszczyste. Celem tych badań, poza stwierdzeniem jakości i ilości minerałów ciężkich, była próba wykazania ewentualnych różnic w zespole tych minerałów w zależności od jakości osadu i głębokości jego zalegania.

Otrzymane wartości procentowej zawartości minerałów ciężkich w zbadanych próbkach przedstawia tabela 11.

Tabela 11

Zestawienie procentowe zawartości minerałów ciężkich w poszczególnych frakcjach

Nazwa próby i numer	Fracje		
	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	0,1—0,006 mm
1. Piasek żwirkowaty Profil IV (warstwa) (3-P)	1,02	0,56	1,29
2. Frakcja piaszczysta z mułku. Profil IV (4-B)	—	0,56	1,00
3. Piasek drobnoziarnisty. Profil IV (4-P)	0,76	0,75	1,35
4. Piasek drobnoziarnisty. Profil IV (6-P)	0,94	1,68	1,40
5. Frakcja wyizolowana z ilu bar- wy czekoladowej. Profil I (2-F)	—	0,76	1,63

Jak wynika z zestawienia, w poszczególnych frakcjach nie ma zdecydowanie wyraźnych różnic w procentowej zawartości tych minerałów. Zacierają się one prawie całkowicie we frakcji 0,1 — 0,06 mm. Ilościowe stosunki poszczególnych minerałów zbadane we frakcjach 0,2 — 0,1 mm wskazują na ogół na jednorodność materiału osadzonego (tabl. 12).

Tabela 12

Procentowe zawartości poszczególnych minerałów ciężkich we frakcjach piaszczystych 0,2—0,1 mm (Oznaczenie prób jak w tabeli poprzedniej)

Nazwa minerału	Numer próby				
	1	2	3	4	5
Minerały nieprzeźroczyste	32	33	25	24	32
Granat	20	9	11	19	14
Amfibol	17,6	20	25	15	22
Epidot	4	8	6	9	3
Zoizyt	1	4	2	4	3
Glaukonit	5,5	7	9	8,6	8
Cyrkon	1	5	4	4	4
Turmalin	2	1	2	2	0,3
Chloryt	2	2	3,5	4	3
Biotyt	3,5	2	3,5	4,5	3
Rutyl	4	0,5	2	2	2
Apatyt	1	1	1,5	0,3	0,3
Dysten	0,6	0,3	1	—	—
Staurolit	0,5	0,3	—	—	0,6
Sylimanit	0,3	0,3	1	—	—
Piroksen	0,5	—	—	0,5	—
Tytanit	—	—	—	—	—
Agregaty	2,5	1,5	2	—	1
Nieoznaczone	2	2	1	1	1
Monacyt			ślady		

Zbadane amfibole są z szeregu hornblendy, wykazują kąt znikania światła od 15 do 22 stopni. Wśród nich są okazy barwy zielonej, jak też brunatnej z różnymi odcieniami. Dadzą się również zauważyć pojedyncze ziarna glaukofanu, kumingtonitu i rybekitu. Te rodzaje minerałów reprezentowane są we wszystkich zbadanych próbkach. Z kolei zbadano jakość turmalinów. Przeważnie są to szerlity o różnych barwach pleochroicznych, brązowe do ciemnobrązowej, słomkowo żółte do brązowej, jasnozielone do zielonych itd. Jakość ich we wszystkich próbkach jest prawie taka sama. Granaty są przeważnie bezbarwne, różowe o barwie łososiowej, czasami lekko żółtawej. Najliczniejszymi wśród nich są granat zwyczajny, rzadziej grossular. Charakterystyczną ich cechą są bardzo liczne wrostki, które powodują, że większość granatów pod ich wpływem słabo reaguje na światło spolaryzowane. Często wykazują one na powierzchni wyraźne rysy lub spękania.

Epidot jest prawie bezbarwny lub żółtawy z nieznacznym pleochromizmem. Staurolit najczęściej jasnożółty do ciemnożółtego lub pomarańczowego. Liczne tu glaukonity są przeważnie ciemnozielone, czasami jaśniejsze, niekiedy brunatnawe.

Rutyle są zwykle brunatnoczerwone, niekiedy miodowożółte. Cyrkony wykazują różne barwy, żółtawe, różowawe, rzadziej brązowe, czasami są bezbarwne i wykazują budowę pasową. Powierzchnie ich nierzadko są zniszczone, porysowane. Poza tym spotykamy tu pojedyncze ziarna monacytów o lekko brązowawej barwie z wyraźnymi śladami łupliwości.

Jakość tych minerałów potwierdza również, że źródłem dla zbadanych osadów Nadbrzeża był ten sam materiał macierzysty. Gdy idzie o stopień obtoczenia (tabela 13), pozwala on zauważyć pewne, chociaż nieznaczne różnice między poszczególnymi piaskami.

Tabela 13

Stopień obtoczenia ziarn minerałów ciężkich frakcji 0,2—0,1 mm w %  
(Oznaczenia jak w tabl. poprzedniej)

Stopień obtoczenia	Numery prób				
	1	2	3	4	5
Ziarna obtoczone	45	49	40	54	47
Ziarna półgraniaste	35	39	39	32	33
Ziarna graniaste	20	12	21	14	20

Wyodrębniają się tu próba 2, reprezentująca il mułkowy, oraz warstwa 4 — piasek drobnoziarnisty, w których ziarna nie obtoczone występują w ilości 12 i 14%.

Wśród minerałów obtoczonych znajdują się przede wszystkim granaty, cyrkony, epidoty i turmaliny. Natomiast amfibole, jak też minerały nieprzeźroczyste, rutyl, dysten, silimanit, rzadziej granaty — przeważnie nie wykazują lub w małym stopniu — zjawisko obróbki mechanicznej. Stosunkowo duży stopień obtoczenia minerałów ciężkich związany jest najprawdopodobniej z dłuższym czasem ich przebywania w ruchliwym środowisku wodnym. Procentowy stopień obtoczenia składników frakcji lekkiej podany jest w zestawieniu tabl. 14. Frakcja lekka zbudowana jest głównie z kwarcu o zbliżonej procentowej wartości. Ziarna jego często

są silnie skorodowane. We frakcjach minerałów lekkich znajdujemy również skalenie w ilości od 7 do 10%. Są one na ogół dobrze zachowane i świeże, często też dobrze obtoczone.

Tabela 14

Stopień obtoczenia ziarn minerałów lekkich, frakcji 0,2—0,1 mm w %  
(Oznaczenie jak w tabl. 11)

Stopień obtoczenia	Numery prób				
	1	2	3	4	5
Ziarna obtoczone	18	31	30	16	25
Ziarna półgraniaste	43	33	36	41	32
Ziarna graniaste	39	36	34	43	25

Tabela 15

Procentowa zawartość minerałów lekkich, we frakcji 0,2—0,1 mm

Nazwa minerału	Numery prób				
	1	2	3	4	5
Kwarzec	89	86,5	90	90	89
Plagioklaz	4,5	4,5	5,0	5,0	3,0
Ortoklaz	2,5	2,5	2,0	2,5	5,0
Mikroklin	—	1,5	0,5	—	2,0
Glaukonit	4,0	4,0	2,5	2,5	—
Nieoznaczone	—	1,0	—	—	1,0

#### UWAGI KOŃCOWE

Badania osadów z terenu Nadbrzeża pozwoliły wyodrębnić szereg zasadniczych odmian iłów oraz określić, w których z nich spotykamy się z makro- czy mikrofauną. Odmiany te różnią się między sobą nie tylko ilością zawartych w nich substancji ilastych, lecz także występowaniem pewnych, charakterystycznych minerałów mogących świadczyć o zmianie warunków sedymentacji lub jego środowiska. Szczegółowe wnioski można ująć w następujących punktach:

1. jako zasadnicze odmiany wyróżniamy:
  - a) chude ły mułkowe, zielonoszare, zawierające wyraźnie widoczną faunę z *Yoldia arctica* i *Cyprina islandica* na czele. Fauna ta występuje wspólnie bądź oddzielnie (A),
  - b) ły mułkowe szare, pozbawione fauny, tworzące dosyć szeroki wachlarz odmian pośrednich (B),
  - c) mułki ilaste ze wstawkami miękkiego piasku, z zawartością substancji ilastych od 10 do 15% (C).  
Wymienione wyżej surowce są dominującymi na tym terenie. W mniejszych ilościach występują:
  - d) ły barwy seledynowej, z rdzawymi zaciekami, zawierające około 47% substancji ilastych, a zalegające w partiach stropowych terenu (D),

e) ility tłuste, barwy szarej i ciemnoszarej, o zawartości od 52 do 56% substancji ilastych (E),

f) ility barwy czekoladowoczerwonej o zawartości substancji ilastych w granicach od 48 do 65% (F).

2. Wobec dużych zaburzeń glacictektonicznych ustalenie wzajemnych stosunków w zaleganiu tych iłów czy też następstwa warstw jest bardzo trudne. Jak widzimy z przekrojów i profilów, obraz zalegania surowców jest często bardzo powikłany. Oprócz zaburzeń na większych odcinkach mogły mieć tu miejsce zaburzenia lokalne, gdyż zmiany w jakości iłów zachodzą nawet na bardzo małych odcinkach.
3. Analizy chemiczne surowców nie wykazują znacznych różnic w zawartości poszczególnych składników. Nie zawsze więc pozwolą one wykazać istotne różnice między surowcami ilastymi, w odróżnieniu od analiz areometrycznych dających rzeczywisty stosunek frakcji piaszczystych do mułkowych i ilastych.

Iły z Nadbrzeża odznaczają się dużą zawartością MgO, którego część między innymi powinna być związana w sieci minerałów ilastych, o czym też świadczyć może niska zawartość glinki, stwierdzona prawie we wszystkich analizach. Jednocześnie zawartość CO<sub>2</sub> jest zbyt niska, by wiązać MgO w węglany. Stosunkowo wysoka jest zawartość alkaliów. W pewnej części powinny być one związane w skałeniach i glaukonicie. Główna ilość K<sub>2</sub>O sugeruje między innymi obecność minerałów ilastych typu ilitowego. Potwierdzają to wstępne badania w mikroskopie elektronowym.

Iły te zawierają dosyć znaczne ilości P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, wahające się w granicach od 0,05 do 0,55%, średnio około 0,30%, co potwierdza również częste występowanie wiwianitu.

4. Badanie frakcji piaszczystych, wyizolowanych metodą areometryczną pozwala zaobserwować mikrofaunę oraz specyficzne stosunki budujących je minerałów, jak też wykazać minerały dominujące, które mogą być wskaźnikami środowiska i warunków sedimentacji.
5. Ciekawa, a nawet dyskusyjna jest tu pozycja glaukonitu. Występuje on zarówno w utworach piaszczystych, jak i ilastych we wszystkich poziomach, w zbliżonych na ogół stosunkach. Według Smulikowskiego (1954) glaukonit w tego typu osadach jest uważany za minerał występujący na złożu wtórnym. Jednak jego rozprzestrzenienie, a szczególnie występowanie w osadach ilastych — mogłoby sugerować syngenetyczne jego tworzenie się, gdyż mamy tu do czynienia z osadami morskimi. Występujące tu otwornice są zespołami zimnowodnymi, a więc współczesnymi z tworzeniem się osadów; idąc więc po tej myśli można by przyjąć, że i glaukonit nie jest wypłukany z warstw starszych wiekowo, a jest właśnie syngenetyczny z osadami ilastymi.
6. Typowym minerałem jest tu również magnetyt. W odróżnieniu od glaukonitu występuje on w większych ilościach tylko w surowcach tłustych jako składnik dominujący pewnych frakcji.
7. Siarczki żelaza spotykamy w iłach zawierających makrofaunę, co uwidoczni się również w analizach chemicznych tych osadów. Wprawdzie akcesorycznie siarczki te występują we wszystkich surowcach, jednak dominują w iłach zawierających faunę. Towarzyszą im duże ilości okrzemek, przy czym brak jest tu otwornic lub występują one pojedynczo.

8. Oznaczenie minerałów ciężkich w poszczególnych frakcjach nie wykazuje większych różnic w ich procentowej zawartości, ale wskazuje raczej na jednorodne źródło materiału macierzystego.  
Także badania ilościowe, jak i jakościowe potwierdzają ten wniosek.
9. Ciekawa jest rola otwornic w zbadanych osadach. Czasami stwierdzamy występowanie różnych ich form w dwu sąsiednich ilach lub ograniczenie się jednej z form do pewnych typów, co może świadczyć, że miała tu miejsce zmiana środowiska i niedostosowanie się tych form do warunków życiowych.
10. Badania utworów ilastych z Nadbrzeża są przyczynkiem do pełniejszej charakterystyki osadów morskich, jakimi są ily elbląskie.  
W zakończeniu chciałbym serdecznie podziękować prof. drowi Włodzimierzowi Wawrykowi, kierownikowi Katedry Mineralogii i Petrografii Politechniki Gdańskiej, za cenne wskazówki i uwagi, jakich nie szczędził mi w toku całej pracy.

*Katedra Mineralogii i Petrografii Politechniki Gdańskiej*

#### WYKAZ LITERATURY

#### REFERENCES

- Galon R. (1952), Stratygrafia plejstocenu dolnego Powiśla w świetle nowych prac. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 21/3, Kraków.
- Halicki B. (1951), Z historii plejstoceńskiego Bałtyku. *Acta geol. pol.* Vol. 2, Warszawa.
- Jentzsch A. (1876), Die geognostische Durchforschung der Provinz Preussen im Jahr 1876. *Schr. Preuss. Ok. Ges.* 17.
- Jentzsch A. (1887), Dill. Cardiumbank zu Succase bei Elbing. *Z. Dtsch. Geol. Ges.*
- Kamieński M. (1959), O glinach szklivnych w Polsce. *Prz. geol.* nr 1.
- Kraus E. (1928), Tertiär und Quartär des Ostbaltikums. Berlin.
- Lewiński J. (1930), Dyluwium Polski i Danii. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 6.
- Lencewicz St. (1929), Epoka lodowcowa Danii w świetle ostatnich badań. *Prz. geogr.* 8.
- Linstow O. (1922), Die Verbreitung der tertiären u. diluvialen Meere in Deutschland *Abh. Preuss. Geol. Landesanst.* 87, Berlin.
- Lavronova U. K. (1939), K woprosu o rozrastie morskich miezmorenyh otloženij gorod Petrozawodska i reki Mgi. *Trud. sow. Sek. INQUA* 4, Leningrad.
- Potulova N. (1932), Mezlednikovyje otloženija reki Mga. *Putev. ekskursij II Konf. INQUA*, Leningrad.
- Sauramo M. (1934), Zur Spätquartären Geschichte der Ostsee. *Bull. Com. geol. Finl.* nr 104.
- Smulikowski K. (1954), Zagadnienie glaukonitu. *Arch. miner.* T. 18.
- Tornquist A. (1910), Geologie von Ostpreussen. Berlin.
- Wawryk Wł., Downarowicz W., Piotrowicz W. (1953), Ogólna charakterystyka surowców ceglarskich z Siedlisk. *Mater. bud.* nr 6.
- Wawryk Wł. (1958), Uwagi na temat surowców ilastych województwa gdańskiego. *Prz. geol.* nr 6.
- Wawryk Wł., Piotrowicz Wł., Domański J. (1959), Surowce ilaste z Bysewa i znad Zalewu Gdańskiego. *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 29/4.

- Woldstedt P. (1955), Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. Stuttgart.
- Zans V. (1936), Das leitzinterglaziale Portlandia-Meer des Baltikums. *Bull. Comm. geol. Finl.* nr 115, Helsinki.
- Przeds. Geol. Badawcze TPMB Gdańsk (1955), Dokumentacja geologiczna surowców ceglarskich Nadbrzeża.

## SUMMARY

**Abstract:** The paper contains a description of the marine Elbląg clays (*Yoldia* clays) of Pleistocene age cropping out at Nadbrzeże near Elbląg. Six varieties of clays differing in mineral composition and content of fauna are distinguished. The Elbląg clays are strongly affected by glacitectonic deformations.

The Elbląg clays cropping out at Nadbrzeże near Elbląg are considered to be stratigraphically equivalent to the marine Skaerumhede series in Denmark, and to the sediments present near the river Mga near Leningrad.

Six varieties of the Elbląg clays were distinguished a) Grey-green silty clays predominating in the Elbląg clays, attain often the thickness of 16 — 18 m. They contain *Yoldia arctica* and *Cyprina islandica*, and numerous Diatomeae, which are very often pyritised. The content of clay ranges from 28% to 30%. The heavy minerals assemblage is characterised by predominance of pyrite.

b). Grey silty clays. This variety contains no fauna.

c). Clayey silts with intercalations of fine sand. The content of clay amounts to 10 — 15%. They contain abundant microflora.

d). Plastic green clays, containing about 47% of clay, with small limestone concretions, magnetite, and opale.

e). Grey and dark grey clays containing about 52 — 56% of clay. Foraminifera are present in this variety.

f). Red-brown clays, containing up to 65% of clay. Also this variety contains Foraminifera. Strong glacitectonic deformations of the clays are obscuring the mutual relations of the varieties listed above.

All varieties of the clays are containing glauconite. The question whether the glauconite is allochthonous or autochthonous is, according to the writer, remaining open.

The heavy minerals assemblage is rather uniform and suggests that the detrital material of the Elbląg clays is derived from one source.

The Foraminifera are not uniformly distributed in the Elbląg clays. Only one species of Foraminifera is present in some varieties of the clays, while other varieties are containing more diversified microfaunal assemblages. This fact is indicating changes of ecological conditions occurring during the sedimentation of the Elbląg clays.