

UKD 551.312.46:551.332.55:552.581.08 + 550.84:551.793.9(438 – 17 Niechorze)

Anna CIEŚLA, Barbara MARCINIAK

## Rozwój późnoglacialnych zbiorników jeziornych z Niechorza (Pomorze Zachodnie) w świetle analizy diatomologicznej i geochemicznej

Badaniami objęto osady organogeniczne dwóch kopalnych zbiorników wytopiskowych odsłoniętych w klifie Morza Bałtyckiego koło Niechorza (Pomorze Zachodnie). W obu analizowanych profilach (Niechorze I i II) przedstawiono zakres występowania i sukcesję okrzemek oraz zmiany koncentracji pierwiastków śladowych. W profilu Niechorze II podano także skład chemiczny osadów. Etapy rozwoju zbiornika Niechorze I określono w nawiązaniu do wyników badań palinologicznych (E. Bryczyńska, 1978), natomiast w przypadku profilu zbiornika Niechorze II, wobec braku podziału palinologicznego późnoglacialnej części osadów, podjęto próbę wydzielenia poziomów o zróżnicowanej zawartości pierwiastków śladowych – chemofaz, które zestawiono z uprzednio wyróżnionymi diatomofazami (B. Marciniak, 1979).

### WSTĘP

Przedmiotem badań są osady organogeniczne dwóch zbiorników wytopiskowych, typu zamkniętych oczek polodowcowych, których profile odsłaniają się w klifie Morza Bałtyckiego w Niechorzu na zachód od Kołobrzegu (fig. 1).

Przeprowadzone w tym terenie badania geologiczne pozwoliły na podanie sytuacji występowania i ogólnej charakterystyki tych osadów. Badane utwory leżą w obrębie wysoczyzny polodowcowej zbudowanej z glin zwałowych fazy pomorskiej zlodowacenia północnopolskiego Vistulian (K. Kopczyńska-Lamparska, 1976, 1980; K. Kopczyńska-Lamparska i in., praca w druku).

Osady organogeniczne mniejszego zbiornika (Niechorze I) są usytuowane w odległości 1,7 km, a większego zbiornika (Niechorze II) w odległości 2,2 km na zachód od latarni morskiej w Niechorzu. W przypadku zbiornika Niechorze I zajmują one powierzchnię 30 × 20 m, a ich maksymalna miąższość wynosi 2,13 m. Są one podścielone piaskami fluwioglacialnymi i przykryte trzymetrową warstwą piasków eolicznych. Osady zbiornika Niechorze II mają wymiary 100 × 100 m, a miąższość 4,35 m. Leżą one bezpośrednio na glinie zwałowej i przykryte są dwumetrową warstwą piasków eolicznych (K. Kopczyńska-Lamparska, 1976, 1980; E. Bryczyńska, 1978).

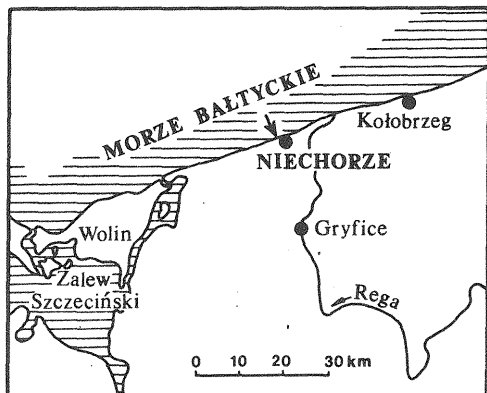


Fig. 1. Szkic lokalizacyjny stanowiska Niechorze w Polsce północno-zachodniej

Location of the Niechorze locality in north-western Poland

Wykonanie analizy palinologicznej z obu profilów (Niechorze I, II) oraz określenie wieku zachowanych w tych osadach poziomów torfowych metodą  $^{14}\text{C}$  pozwoliło na odtworzenie sukcesji roślinności w okolicach Niechorza w późnym glacie i holocenie oraz na podział chronostratygraficzny (fig. 2, 3). Ponadto, podjęte z inicjatywy dr K. Kopczyńskiej-Lamparskiej badania diatomologiczne (B. Marciniak, 1979, 1981), geochemiczne i faunistyczne (K. Kopczyńska-Lamparska i in., praca w druku) przyczyniły się do rekonstrukcji i określenia warunków rozwoju środowiska przyrodniczego badanych zbiorników.<sup>1</sup> Wstępna analiza okrzemek wykazała słodkowodny charakter obu zbiorników z dominującym rodzajem *Fragilaria*.

Głównym celem niniejszego opracowania jest porównanie przebiegu sukcesji okrzemek ze zmianami zawartości pierwiastków śladowych w profilu Niechorze I i II, analiza składu chemicznego osadów w profilu Niechorze II oraz określenie poszczególnych etapów rozwoju badanych zbiorników na podstawie wyników analizy diatomologicznej i geochemicznej.

## ANALIZA DIATOMOLOGICZNA

### UWAGI OGÓLNE

Analizą diatomologiczną objęto osady reprezentujące w badanych profilach późny glacial i okres preborealny (fig. 2, 3). Wstępne wyniki tych badań, zilustrowane diagramami okrzemkowymi, przedstawiono w pracy dotyczącej występowania okrzemek dominujących i subdominujących w tych profilach oraz podział analizowanych osadów na diatomofazy i subdiatomofazy (B. Marciniak, 1979). W przypadku profilu Niechorze I podziału tego dokonano w nawiązaniu do wydzielenia palinologicznego okresów klimatycznych – chronozon obejmujących: najstarszy dryas, bölling, starszy dryas, alleröd, młodszy dryas i okres preborealny.

Diatomofazy i subdiatomofazy zostały oznaczone symbolami, na które składają się poczynając od lewej: numer zbiornika, pierwsza litera jego nazwy, cyfra

<sup>1</sup> Badania diatomologiczne dotyczące profilu Niechorze I wykonano w ramach opracowania arkusza Niechorze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski na zlecenie Instytutu Geologicznego (K. Kopczyńska-Lamparska, 1978, 1979), natomiast badania geochemiczne osadów z tego profilu przeprowadzono w ramach tematu naukowego Instytutu Geologii Podstawowej UW oraz tematu MRI.16 realizowanego przez Instytut Nauk Geologicznych PAN. Wymienione badania dla profilu Niechorze II były wykonane w ramach tematu MRI.16 realizowanego przez Instytut Nauk Geologicznych PAN.

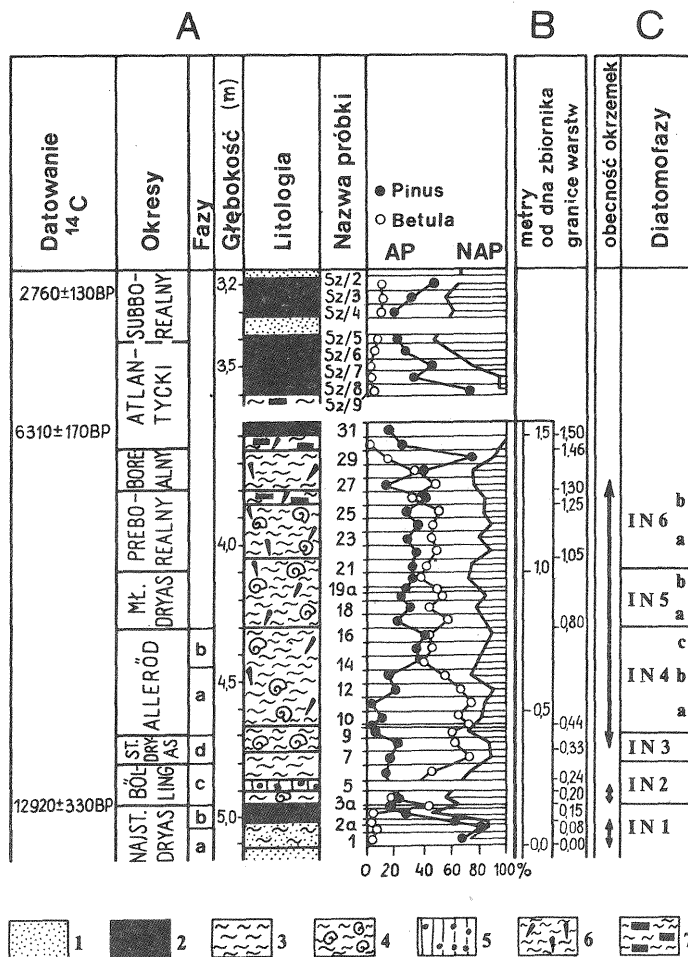


Fig. 2. A – skrócony diagram pyłkowy z Niechorza I (według E. Brykczyńskiej, 1978); B – położenie granic warstw osadów jeziornych począwszy od dna zbiornika (według K. Kopczyńskiej-Lamparskiej, 1976); C – zakres występowania okrzemek w profilu i diatomofazy (według B. Marciniak, 1979)

A – synthetic pollen diagram of Niechorza I (after E. Brykczyńska, 1978); B – position of boundaries of lacustrine deposit layers upwards the bottom of reservoir (after K. Kopczyńska-Lamparska, 1976); C – distribution of diatoms in the section and diatomophases (after B. Marciniak, 1979)

1 – piaski; 2 – torfy; 3 – mulki; 4 – mulki z detrytusem skorupki mięczaków; 5 – glina soliflukcyjna; 6 – mulki z fragmentami roślin; 7 – mulki torfiaste

1 – sands; 2 – peats; 3 – muds; 4 – muds with molluscan shell detritus; 5 – solifluction loam; 6 – muds with plant remains; 7 – peaty muds

oznaczająca numer diatomofazy i małą literą oznaczającą subdiatomofazę. Wyróżnione fazy okrzemkowe pozwalają na porównanie i korelację biostratygraficzną późnoglacialnych osadów jeziornych. Ponadto fazy te mogą być pomocne przy podejmowaniu prób określenia wieku osadów organogenicznych zawierających okrzemki, w przypadku braku innych metod datujących te osady (B. Marciniak, 1981).

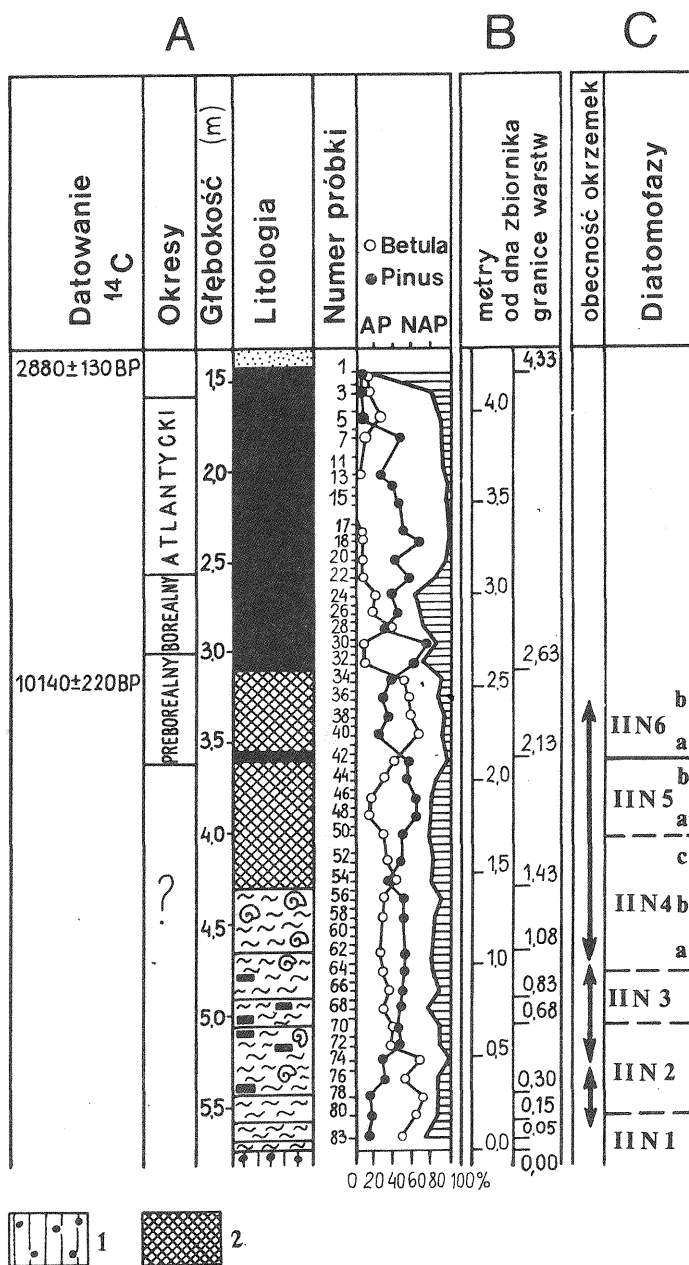


Fig. 3. A – skrócony diagram pyłkowy z Niechorza II (według E. Brykczyńskiej, 1978); B – położenie granic warstw osadów jeziornych począwszy od dna zbiornika (według K. Kopczyńskiej-Lamparskiej, materiały niepublikowane); C – zakres występowania okrzemek w profilu i diatomofazy (według B. Marciniak, 1979)

A – synthetic pollen diagram of Niechorze II (after E. Brykczyńska, 1978); B – position of boundaries of lacustrine deposit layers upwards the bottom of reservoir (after K. Kopczyńska-Lamparska, unpublished report); C – distribution of diatoms in the section and diatomophases (after B. Marciniak, 1979)

1 – glina zwalowa; 2 – gytia; pozostałe objaśnienia jak na fig. 2

1 – till; 2 – gyttja; other explanations as in Fig. 2

W niniejszym opracowaniu większą uwagę zwrócono na występowanie i zmienność okrzemek w profilu Niechorze II, który poprzednio był opisany skrótowo (B. Marciniak, 1979). Wydzielone w tym profilu diatomofazy nie pokrywają się w pełni z wyróżnionymi tu chemofazami (por. fig. 5, 6).

Ponadto dokonano bardziej szczegółowej analizy składu okrzemek mniej licznych, które odznaczają się zmienną frekwencją w późnoglacialnych osadach jeziornych oraz bliżej określonymi wymaganiami ekologicznymi. Próbę określenia takich gatunków podjęto poprzez wyróżnienie w profilach Niechorze I i II grupy okrzemek charakterystycznych (tab. 1, 2). Włączono do niej okrzemki, które mogą być najbardziej przydatne do odtwarzania i oceny charakteru środowiska, a także typologii rozmaitych zbiorników kopalnych. Wydaje się, że za pomocą analizy składu i frekwencji okrzemek charakterystycznych można będzie określić poszczególne stadia rozwoju zbiorników kopalnych oraz wzmocnić znaczenie analizy okrzemek dla paleoekologii i biostratygrafii osadów czwartorzędowych.

#### SUKCESJA OKRZEMEK W PROFILU NIECHORZE I

W profilu Niechorze I okrzemki stwierdzono w obrębie mułków, które wraz z dzielącą je wkładką gliniastą i torfiastą osiągają miąższość 1,25 m (fig. 2). Z badań palinologicznych oraz datowania metodą  $^{14}\text{C}$  wynika, że osady te obejmują okres od najstarszego dryasu do okresu preborealnego (K. Kopczyńska-Lamparska, 1976; E. Bryczyńska, 1978).

Zgodnie z wyżej podanymi zasadami oraz w oparciu o sukcesję okrzemek dominujących, subdominujących i nielicznych gatunków wskaźnikowych dokonano podziału profilu Niechorze I na sześć diatomofaz (B. Marciniak, 1979).

Diatomofaza IN1 odpowiada najstarszemu dryasowi i reprezentowana jest jedynie przez fragmenty okrzemek i kilka pojedynczych skorupki *Fragilaria pinnata*, *F. construens* var. *venter*, *Melosira italica*, *Synedra ulna*, *Navicula oblonga* i in. (tab. 1). Tak nieliczna i uboga w gatunki flora okrzemek charakteryzuje zapewne inicjalne stadium rozwoju zbiornika o nieznaczącej głębokości. W stadium tym, opisanym także w sąsiednim profilu Niechorze I-bis jako diatomofaza I-bis N1, skład okrzemek jest lepiej poznany niż w profilu Niechorze I. W diatomofazie I-bis N1 podano bowiem stosunki ilościowe występowania okrzemek dominujących, wśród których przeważają *Fragilaria pinnata* i *F. construens* var. *venter*. W profilu Niechorze I-bis charakterystyczne jest także maksymalne występowanie w tej fazie *Cyclotella antiqua* (B. Marciniak, 1981). Gatunek ten jest uznany za wskaźnikowy dla osadów późnoglacialnych (F. Hustedt, 1948; R. Simonsen, 1957 i in.).

Diatomofaza IN2 reprezentowana jest tylko przez jedną próbkę zaliczaną do böllingu. Stwierdzono tu największe w badanym profilu występowanie *Fragilaria pinnata*. Towarzyszą jej również inne gatunki z tego rodzaju – *Fragilaria construens* var. *venter*, *F. brevistriata* (tab. 1), *F. virescens* var. *oblongella*. Ponadto na uwagę zasługuje obecność *Cyclotella antiqua*, którą w badanym profilu w minimalnej ilości (0,1%) odnotowano jedynie w omawianej fazie (tab. 1). Pozostałe gatunki *Cyclotella* również nie osiągają tu większej frekwencji zapewne z uwagi na małe rozmiary i niewielką głębokość zbiornika Niechorze I. Pojawienie się tych gatunków w omawianej fazie może jednak wskazywać na pewną poprawę warunków klimatycznych i może łączyć się także z nieznacznym pogłębieniem zbiornika (por. B. Marciniak, 1981).

Diatomofaza IN3 należąca do starszego dryasu charakteryzuje również

Występowanie okrzemek dominujących, subdominujących  
oraz charakterystycznych w profilu osadów zbiornika Niechorze I

Numery próbek i ich położenie od dna zbiornika (w nawiasach)	Okrzemki dominujące i subdominujące	Okrzemki charakterystyczne	Diatomofazy (B. Marciniak, 1979)
21–27 (1,00–1,35 m)	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (53%)* <i>F. construens</i> (29%), <i>F. virescens</i> (17%)	<i>Gyrosigma</i> sp. sp. (4,5%), <i>Navicula cuspidata</i> (1,3%), <i>Rhopalodia gibba</i> (1,1%), <i>Nitzschia amphibia</i> (0,8%), <i>Tabellaria flocculosa</i> (0,4%), <i>Hantzschia amphioxys</i> (+)	IN6
17–20 (0,80–1,00 m)	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (47%), <i>Synedra</i> sp. sp. (20%), <i>Fragilaria virescens</i> (16%)	<i>Melosira italica</i> (13%), <i>Synedra parasitica</i> (1,1%), <i>Cymbella affinis</i> (0,7%), <i>Navicula abiskoensis</i> (0,4%), <i>N. hungarica</i> (0,2%), <i>N. bacilliformis</i> (0,1%), <i>Nitzschia denticula</i> (0,1%), <i>Cyclotella distinguensa</i> (0,1%)	IN5
9–16 (0,40–0,80 m)	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (39%), <i>F. brevistriata</i> (26%), <i>F. virescens</i> (13%)	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (9%), <i>Melosira italica</i> (1,3%), <i>Synedra parasitica</i> (0,7%), <i>Cymbella affinis</i> (0,4%), <i>Navicula abiskoensis</i> (0,3%), <i>Fragilaria leptostauron</i> (0,2%), <i>Achnanthes conspicua</i> (0,2%), <i>Navicula pseudotuscula</i> (0,1%), <i>N. bacilliformis</i> (0,05%)	IN4
8 (0,35–0,40 m)	<i>Fragilaria pinnata</i> (35%), <i>F. construens</i> var. <i>venter</i> (31%), <i>F. brevistriata</i> (17%)	<i>Diploneis</i> sp. (0,6%), <i>Gyrosigma attenuatum</i> (0,6%), <i>Synedra parasitica</i> (0,2%), <i>Campylodiscus noricus</i> (0,1%), <i>Pinnularia</i> sp. (0,2%), <i>Stauroneis smithii</i> var. <i>incisa</i> (0,05%)	IN3
4 (0,15–0,20 m)	<i>Fragilaria pinnata</i> (44%), <i>F. construens</i> var. <i>venter</i> (24%), <i>F. brevistriata</i> (12%)	<i>Fragilaria leptostauron</i> (0,8%), <i>Cyclotella comta</i> (1,3%), <i>Cymbella affinis</i> (0,7%), <i>Cyclotella antiqua</i> (0,1%), <i>C. distinguenda</i> (0,1%), <i>C. kützingiana</i> (0,1%), <i>C. sp.</i> (0,3%)	IN2
1–3 (0,00–0,14 m)	<i>Fragilaria pinnata</i> , <i>F. construens</i> <i>ulna</i> , <i>Navicula oblonga</i>	var. <i>venter</i> , <i>Melosira italica</i> , <i>Synedra</i>	IN1

\* W nawiasach podano maksymalne wartości procentowe poszczególnych taksonów okrzemek.

tylko jedna próbka zawierająca w grupie dominantów te same gatunki, które wymieniono w poprzedniej diatomofazie IN2. Należą do nich *Fragilaria pinnata*, *F. construens* var. *venter* i *F. brevistriata*. Zmieniły się tylko w niewielkim stopniu proporcje występowania tych gatunków, tzn. zmniejszył się udział *Fragilaria pinnata*, a w niewielkim stopniu wzrósł udział *F. construens* var. *venter* i *F. brevis-*

*triata*. Większe zmiany odnotowano w grupie okrzemek charakterystycznych (tab. 1), pojawiły się tu bowiem gatunki z rodzajów: *Diploneis*, *Gyrosigma*, *Synedra*, *Campylodiscus*, *Pinnularia* i in. Zmiany te, wskazujące na rozwój okrzemek żyjących na dnie jezior, brak flory *Cyclotella* oraz przerwy w występowaniu okrzemek w diatomofazie IN3, są prawdopodobnie wynikiem mniej korzystnych warunków klimatycznych niż w fazie poprzedniej. W diatomofazie IN2 również notowano brak okrzemek (w warstwie gliny soliflukcyjnej), był on jednak zapewne w większym stopniu spowodowany zaburzeniami sedimentacji, które wiążą się ze zjawiskiem rozmarzania i powstawania spływów soliflukcyjnych w cieplej fazie böllingu (por. K. Kopczyńska-Lamparska, 1976; E. Brykczyńska, 1978). Skład, a szczególnie przewaga okrzemek litoralnych w diatomofazie IN3, wskazują na niski poziom wód lub też brak odpowiednich warunków termicznych dla rozwoju planktonu w ówczesnym zbiorniku. W diagramie palinologicznym obserwuje się w tej fazie zubożenie roślinności, jednak nie pojawiają się typowe wskaźniki klimatu arktycznego i subarktycznego (E. Brykczyńska, 1978).

Diatomofaza IN4 obejmuje *alleröd* i w diagramie okrzemkowym została podzielona na trzy subdiatomofazy (fig. 2, 4). Najstarsza subdiatomofaza (IN4a) nawiązuje do poprzedniego okresu bardzo zbliżonym składem okrzemek dominujących, wśród których przeważają: *Fragilaria construens* var. *venter*, *F. pinnata*, *F. brevistriata* i *F. construens* var. *binodis*. Cechą charakterystyczną omawianej subfazy jest obecność halofilnego gatunku *Cyclotella meneghiniana*, który znaleziono również w sąsiednim profilu Niechorze I-bis. Jest to prawdopodobnie *Cyclotella meneghiniana* var. *laevissima* (van G o o r) H u s t.; (B. Marciniak, 1981, Pl. 2, fig. 1–3). Jej obecność wskazuje na podwyższenie zasolenia w zbiorniku Niechorze I, które prawdopodobnie miało miejsce pod koniec starszego dryasu lub na początku *allerödu*. Subdiatomofaza IN4b wyrażona jest wzrostem *Fragilaria brevistriata*, znacznym udziałem *F. construens* var. *venter* i *F. virescens* var. *oblongella* oraz rozwojem gatunków w rodzaju: *Navicula*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Amphora*, wśród których znajdują się gatunki charakterystyczne wymienione w tab. 1. W subdiatomofazie najmłodszej (IN4c) obserwuje się zwiększenie *Fragilaria construens* var. *venter*, *F. virescens* var. *oblongella* i *Epithemia* sp. sp., a z gatunków mniej licznych notuje się wzrost m. in. *Stephanodiscus hantzschii*. Większość wymienionych okrzemek żyje obecnie głównie w wodach zasadowych, są one szeroko rozprzestrzenione (kosmopolityczne) w zbiornikach wodnych różnych typów, najczęściej w strefie litoralnej jezior eutroficznych.

Diatomofaza IN5 reprezentująca młodszy dryas dzieli się na dwie subdiatomofazy (fig. 2, 4). Subdiatomofaza starsza (IN5a) charakteryzuje się lekkim podniesieniem krzywej frekwencji *Fragilaria construens* var. *venter* i *F. virescens* var. *oblongella* oraz spadkiem krzywej *F. brevistriata*, natomiast subdiatomofaza młodsza (IN5b) wzrostem udziału *Synedra ulna* i *Melosira italica*, którym towarzyszy wzrost ilości okrzemek z rodzajów: *Navicula*, *Epithemia*, *Gomphonema*, *Rhopalodia*. Zmiany składu i ilości okrzemek zanotowane w tej subfazie mogą wskazywać na niewielkie pogłębienie i rozszerzenie strefy litoralnej zbiornika Niechorze I.

Diatomofaza IN6 odpowiadająca okresowi preborealnemu jest dwudzielna (fig. 2, 4). Starszą część (subdiatomofazę IN6a), charakteryzuje spadek frekwencji okrzemek typowych dla poprzedniej subfazy (IN5b), tj. *Melosira italica* i *Synedra ulna* oraz ponowny wzrost ilości *Fragilaria construens* var. *venter* i *F. virescens* var. *oblongella*, natomiast część młodszą (subdiatomofazę IN6b) charakteryzuje maksymalna liczebność *Fragilaria construens* i jej odmiany *F. construens* var. *venter*, która dominuje prawie w całym profilu. Ponadto w omawianej diatomofazie zwiększa się udział *Tabellaria flocculosa*, obecne są też ga-

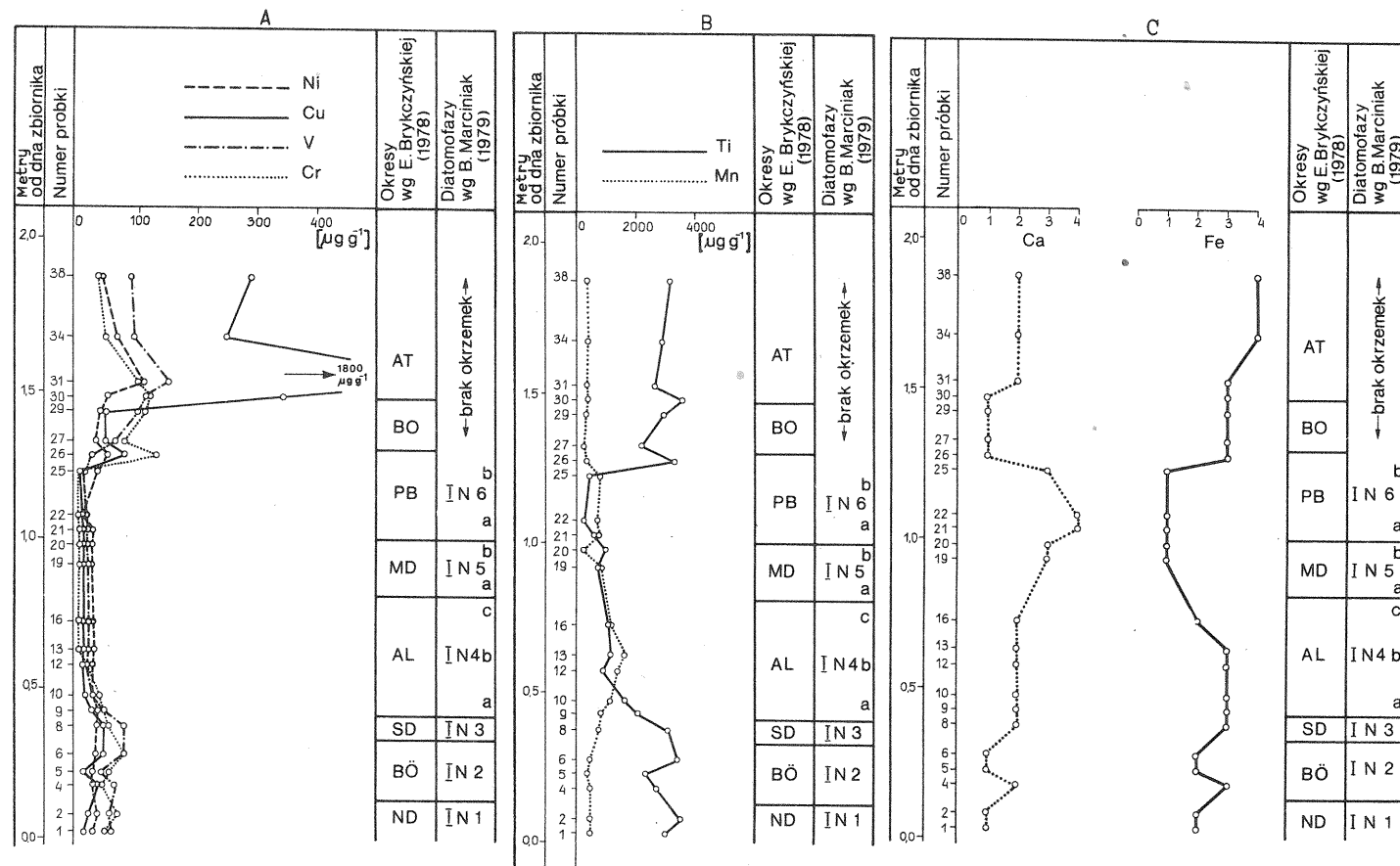


Fig. 4. Zawartość Ni, Cu, V i Cr (A), Ti i Mn (B) oraz Ca i Fe (C) w profilu osadów zbiornika Niechorze I; względne zróżnicowanie Ca i Fe podano w jednostkach umownych

Content of Ni, Cu V and Cr (A), Ti and Mn (B) and Ca and Fe (C) in the Niechorze I section of lacustrine deposits; relative differentiation of Ca and Fe is given in conventional units



tunki z rodzaju *Pinnularia*, świadczące o lekkim zakwaszeniu wód badanego zbiornika, co prawdopodobnie łączy się z jego intensywnym zarastaniem i spłyceciem. Jednocześnie u schyłku okresu preborealnego obserwuje się też większy udział alkalifilnych gatunków *Gyrosigma* (tab. 1). Powyższe zmiany występowania okrzemek mogą wskazywać na dopływ i mieszanie się wód o odczynie odmiennym od dotychczasowego lub też na zmiany głębokości, szybkie spłycecie, a następnie pogłębienie zbiornika pod wpływem nagłych zmian klimatycznych, które miały miejsce w okresie preborealnym i na przełomie okresu borealnego (E. Brykczyńska, 1978).

#### SUKCESJA OKRZEMEK W PROFILU NIECHORZE II

W profilu Niechorze II okrzemki napotkano w obrębie serii mułkowo-gytiowej z wkładką torfu. Seria ta osiąga miąższość 2,28 m (fig. 3). Badania palinologiczne i datowanie metodą  $^{14}\text{C}$  pozwoliły wyróżnić w stropowej części tej serii osady reprezentujące okres preborealny (E. Brykczyńska, 1978). Leżą one na utworach określonych palinologicznie jako późnoglacialne. Pomimo braku dokładniejszego podziału wiekowego tych utworów podjęto próbę ich podziału i wyróżniono sześć diatomofaz (IIN1–IIN6; B. Marciniak, 1979).

Diatomofazę IIN1 wydzielono na podstawie nielicznych okrzemek z rodzaju: *Gyrosigma*, *Mastogloia*, *Campylodiscus* i kilku innych gatunków reprezentujących moment inicjalnego stadium rozwoju zbiornika Niechorze II zapewne w najstarszym dryasie (B. Marciniak, 1979). Obecnie, po przeprowadzeniu dodatkowych badań najniższej warstwy osadów, można z większą dokładnością określić skład flory okrzemek i ich stosunki ilościowe w najstarszej fazie rozwoju badanego zbiornika. Fazę tę reprezentuje próbka 81, w której podobnie jak i w całym profilu stwierdzono znaczną przewagę gatunków z rodzaju *Fragilaria*, a przede wszystkim *F. construens* var. *venter* i *F. brevistriata*. Do subdominantów w tej fazie należą *Fragilaria pinnata* i *F. construens*. W porównaniu z diatomofazą następną (IIN2), w omawianej diatomofazie stwierdzono znacznie mniejszą frekwencję *Fragilaria construens*, zarysowały się także pewne różnice w składzie i liczebności gatunków charakterystycznych (tab. 2). Na specjalne podkreślenie zasługuje tu obecność gatunków wskaźnikowych, pomimo że notowano je w pojedynczych egzemplarzach. Przykładem jest *Cyclotella antiqua*, której występowanie w badanym profilu jest prawdopodobnie związane z najbardziej surowymi warunkami klimatycznymi i edaficznymi w późnym glacie. Warunki te można zapewne łączyć z okresami dryasowymi, co jednak nie w pełni potwierdza się w innych dotychczas zbadanych i datowanych profilach okrzemkowych z osadów późnoglacialnych (por. B. Marciniak, 1981).

Diatomofaza IIN2 składa się z dwóch części rozdzielonych warstwą, w której okrzemek nie stwierdzono. Starszą część charakteryzuje znaczny udział *Fragilaria brevistriata* i *F. brevistriata* var. *elliptica*, młodszą zaś wzrost *F. construens* oraz *F. pinnata*, która wraz z *F. construens* var. *venter* dominuje w osadach późnoglacialnych prawie w całym badanym profilu (tab. 2). W omawianej fazie wśród okrzemek charakterystycznych znajdują się: *Fragilaria leptostauron*, *Mastogloia* sp., *Cyclotella* sp. i *Stephanodiscus* sp. Obserwowany tu wzrost liczebności oraz zmiany w składzie okrzemek mogą świadczyć o korzystniejszych warunkach ich rozwoju. Tym samym można przypuszczać, że w diatomofazie IIN2 rejestruje się tendencję do polepszenia klimatu. Przypuszczenie to potwierdza również wzrost strat prażenia, który łączy się ze zwiększeniem ilości materii organicznej oraz  $\text{CaCO}_3$  przypadającym na chemofazę 3 (fig. 5C). W związku z niską zawartością pierwiastków śladowych chemofaza ta jest jednak wiązana raczej z ochłodzeniem klimatu (fig. 5A, B).

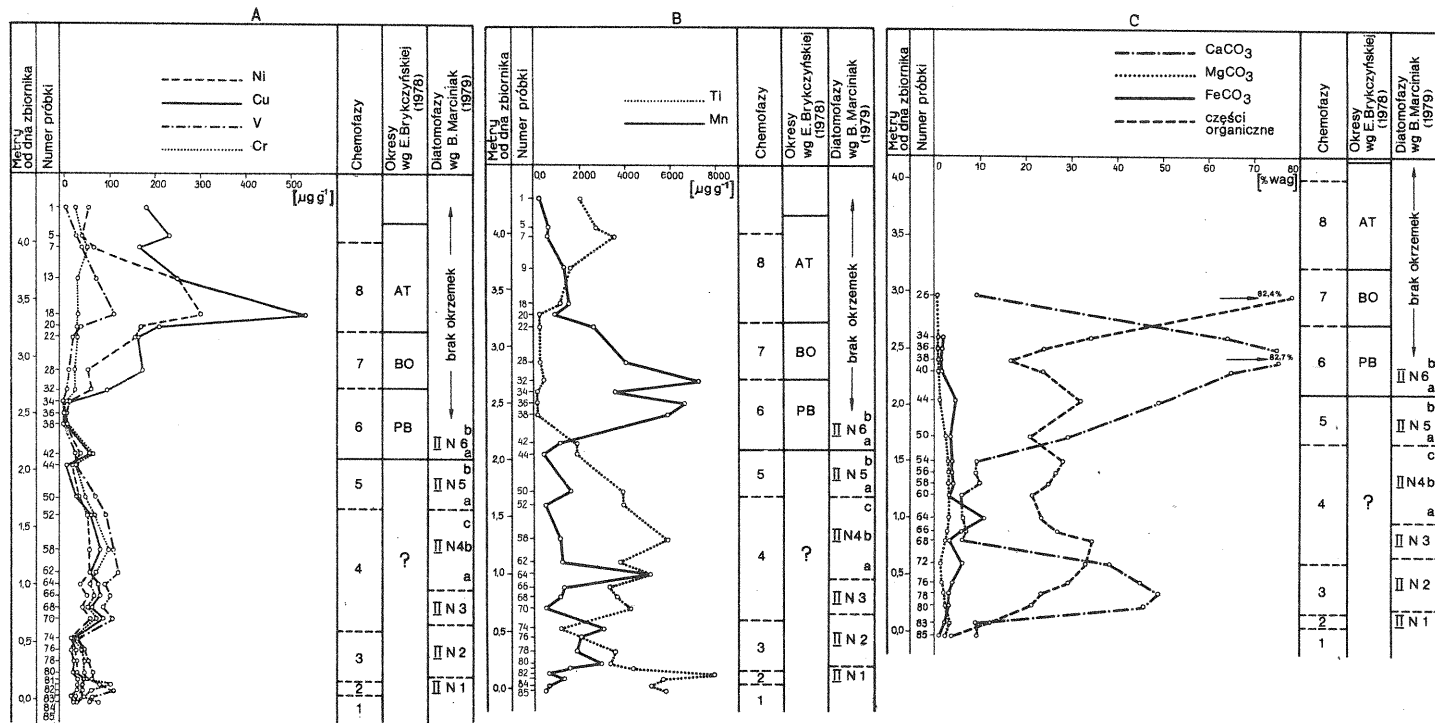


Fig. 5. Zawartość Ni, Cu, V i Cr (A), Ti i Mn (B) oraz CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub> i części organicznych (C) w profilu osadów zbiornika Niechorze II  
Content of Ni, Cu, V and Cr (A), Ti and Mn (B), and CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub>, and organic matter (C) in the Niechorze II section of lacustrine deposits

Tabela 2

Występowanie okrzemek dominujących, subdominujących oraz charakterystycznych  
w profilu osadów zbiornika Niechorze II

Numery próbek i ich położenie od dna zbiornika (w nawiasach)	Okrzemki dominujące i subdominujące	Okrzemki charakterystyczne	Diatomo- fazy (B. Marciniak, 1979)
1	2	3	4
38–42 (2,13–2,43 m)	<i>Synedra</i> sp. sp. (49%) <sup>*</sup> , <i>Fragilaria brevistriata</i> (45%), <i>F. construens</i> (29%), <i>F. virescens</i> (20%)	<i>Cymbella affinis</i> (4,3%), <i>Nitzschia amphibia</i> (1,7%), <i>Rhopalodia gibba</i> (1%), <i>Anomoeoneis exilis</i> (0,7%), <i>Cocconeis placentula</i> (0,6%), <i>Navicula cuspidata</i> (0,3%), <i>Amphora normanii</i> (0,1%)	IIN6
44–50 (1,73–2,08 m)	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (34%), <i>F. pinnata</i> (26%), <i>F. brevistriata</i> (15%), <i>F. construens</i> (12%)	<i>Nitzschia denticula</i> (4,8%), <i>Denticula tenuis</i> (3,6%), <i>Cymbella cesatii</i> (2,2%), <i>Mastogloia</i> sp. sp. (1,7%), <i>Cyclotella comta</i> (3,2%), <i>C. distinguenda</i> (2,6%), <i>Anomoeoneis exilis</i> (1,5%), <i>Fragilaria leptostauron</i> (0,5%), <i>Cyclotella antiqua</i> (0,2%), <i>Achnanthes lapponica</i> (0,1%), <i>Rhopalodia parallela</i> (0,1%)	IIN5
52–46 (0,98–1,63 m)	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (48%), <i>F. pinnata</i> (28%), <i>F. brevistriata</i> (12%), <i>F. construens</i> (11%)	<i>Denticula tenuis</i> (3,1%), <i>Cyclotella kützingiana</i> (1,3%), <i>C. comta</i> (1%), <i>Navicula pseudoscutiformis</i> (0,6%), <i>Fragilaria leptostauron</i> (0,2%), <i>Cymbella sinuata</i> (0,2%), <i>Achnanthes lapponica</i> (0,2%), <i>A. flexella</i> (0,1%), <i>Navicula explanata</i> (+)	IIN4
66–70 (0,68–0,93 m)	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (50%), <i>F. pinnata</i> (22%), <i>F. brevistriata</i> (12%)	<i>Nitzschia denticula</i> (1,4%), <i>Denticula tenuis</i> (0,4%), <i>Fragilaria leptostauron</i> (0,3%), <i>Mastogloia</i> sp. sp. (0,2%), <i>Cyclotella comta</i> (0,2%), <i>C. antiqua</i> (0,1%), <i>Synedra parasitica</i> (0,1%), <i>Rhopalodia parallela</i> (0,1%), <i>Cymbella cesatii</i> (0,1%)	IIN3
72–80 (0,20–0,55 m)	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (41%), <i>F. construens</i> (37%), <i>F. pinnata</i> (17%), <i>F. brevistriata</i> (38%)	<i>Fragilaria leptostauron</i> (0,8%), <i>Mastogloia</i> sp. sp. (0,8%), <i>Cyclotella</i> sp. (0,4%), <i>Nitzschia denticula</i> (0,3%), <i>Synedra parasitica</i> (0,2%), <i>Stephanodiscus</i> sp. (0,1%), <i>Cyclotella distinguenda</i> (+), <i>Navicula explanata</i> (+), <i>Achnanthes flexella</i> (+)	IIN2
	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (43%), <i>F. brevistriata</i> (33%), <i>F. pinnata</i> (7%), <i>F. construens</i> (6%)	<i>Mastogloia</i> sp. sp. (0,7%), <i>Cyclotella kützingiana</i> (0,5%), <i>Fragilaria leptostauron</i> (0,4%), <i>Achnanthes conspicua</i>	

1	2	3	4
81 (0,15–0,20 m)		(0,3%), <i>A. exigua</i> (0,3%), <i>Nitzschia denticula</i> (0,1%), <i>Synedra parasitica</i> (0,1%), <i>Cyclotella comta</i> (0,1%), <i>C. antiqua</i> (+), <i>Stephanodiscus</i> sp. (+), <i>Hantzschia amphioxys</i> (+)	IIN1

\* W nawiasach podano maksymalne wartości procentowe poszczególnych taksonów okrzemek.

W diatomofazie IIN3 przeważa *Fragilaria construens* var. *venter* i *F. construens*, lekko wzrasta udział *F. pinnata*, a zmniejsza się ilość *F. brevistriata*. Ponadto do okrzemek typowych w tej fazie należą taksony występujące mniej licznie, takie jak: *Fragilaria lapponica* i *F. construens* var. *binodis*, a także *Cyclotella antiqua*, która jak już wspomniano jest gatunkiem wskaźnikowym i znajduje się w grupie gatunków charakterystycznych (tab. 2). W osadach późnoglacialnych z dotychczas zbadanych stanowisk z obszaru Polski jest ona nieco częściej notowana w okresach dryasowych (B. Marciniak, 1973, 1981). W świetle analizy okrzemek wydaje się zatem słuszne wiązanie diatomofazy IIN3 z okresem chłodnym, a nie z ciepłym (chemofaza 4), jak to wynika z interpretacji podziału dokonanego na podstawie analizy pierwiastków śladowych w badanym profilu (por. fig. 5A, B).

Diatomofazę IIN4 cechuje znaczne zwiększenie liczby gatunków, a tym samym urozmaicenie i wzbogacenie flory okrzemek. W podobnej ilości jak w poprzedniej fazie pozostały tu *Fragilaria construens* var. *venter*, *F. pinnata* i *F. brevistriata*, natomiast zaobserwowano znaczny spadek frekwencji *F. construens*. Pojawienie się lub też wzrost liczebności okrzemek borealno-alpejskich w omawianej fazie, idąc za sugestią R. Simonsena (1957), może świadczyć o złagodzeniu klimatu, co można prawdopodobnie wiązać z interstadią. Być może ze zmianami klimatu łączy się także tendencja do nieznacznego pogłębienia zbiornika w środkowej części tego okresu oraz spłylenia lub rozszerzenia strefy litoralnej w jego górnej części. Zmiany te wskazują na trójfazowość zaznaczoną subdiatomofazami IIN4a–IIN4c (fig. 5, 6).

W diatomofazie IIN5 obserwuje się tylko nieznaczne zmiany liczebności okrzemek dominujących. Początkowo w subdiatomofazie IIN5a notuje się lekki wzrost *Fragilaria pinnata*, a następnie w subdiatomofazie IIN5b wzrost *F. construens* var. *venter* i *F. brevistriata* (B. Marciniak, 1979). Diatomofaza ta charakteryzuje się ponadto zwiększeniem udziału wielu okrzemek mniej licznych w badanym profilu, do których należą: *Diploneis ovalis*, *Fragilaria vaucheriae*, *Cymbella cesatii*, *Navicula tuscula*, *Nitzschia denticula*, *Cyclotella comta* i inne. W tej grupie znajdują się okrzemki charakterystyczne, a także wskaźnikowe *Cyclotella antiqua* i *C. distinguenda*, które są typowe dla osadów późnoglacialnych w badanym profilu. Na szczególne podkreślenie zasługuje obecność *C. antiqua*, którą w badanym profilu stwierdzono ponadto w dwóch fazach odpowiadających zapewne okresom dryasowym. Sukcesja okrzemek zanotowana w diatomofazie IIN5, a zwłaszcza rozwój wspomnianych gatunków *Cyclotella*, obok dominującej flory *Fragilaria* z jednej strony, może wskazywać na pogłębienie zbiornika, a z drugiej strony może także sygnalizować pogorszenie warunków klimatycznych typu stadialnego, które wypada łączyć z młodszym dryasem.

Początek diatomofazy IIN6 wyznacza nagły spadek frekwencji *Fragilaria pinnata*, która w badanym profilu jest formą typową dla osadów późnoglacialnych. W nawiązaniu do badań palinologicznych i datowania  $^{14}\text{C}$  diatomo-

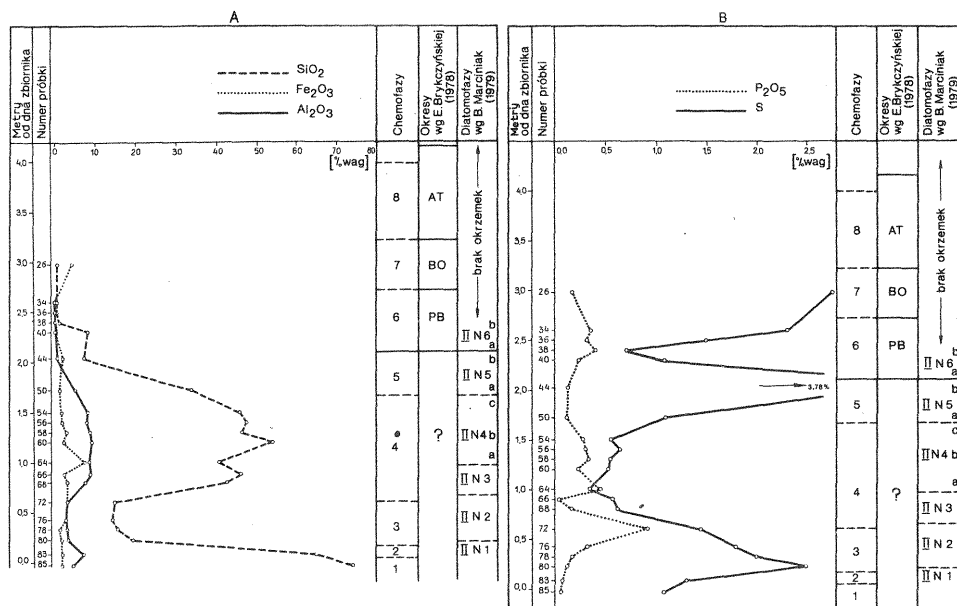


Fig. 6. Zawartość SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A) oraz P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i S (ogólnej) – B w profilu osadów zbiornika Niechorze II

Content of SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A) and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and S (total) – B in the Niechorze II section of lacustrine deposits

faza IIN6 odpowiada okresowi preborealnemu. Dzieli się ona na dwie subdiatomofazy (fig. 5, 6A, B): starszą (IIN6a) cechuje wzrost liczebności *Fragilaria construens* i zmniejszenie ilości *F. construens* var. *venter*, natomiast młodszą (IIN6b) znaczny wzrost udziału *F. virescens* i *Synedra ulna*, które po raz pierwszy zdobyły przewagę w analizowanym profilu. Wymienionym dominantom towarzyszą okrzemki równie szeroko rozprzestrzenione, eurytopowe, najczęściej spotykane w wodach zasadowych, eutroficznych, występujące na dnie i wśród porośli. Są to głównie gatunki z rodzajów: *Epithemia*, *Gomphonema*, *Cocconeis*, *Rhopalodia* i inne (tab. 2). Powyższe zmiany wskazujące na rozwój okrzemek epifitycznych typowych dla strefy litoralnej, wiążą się zapewne z intensywnym zarastaniem badanego zbiornika i powstaniem torfowiska pod koniec okresu preborealnego (por. E. Brykczyńska, 1978).

#### UWAGI PORÓWNAWCZE

Z przeprowadzonej analizy wynika, że najbardziej charakterystyczną, wspólną cechą badanej flory w obu profilach (Niechorze I i II) jest przewaga gatunków z rodzaju *Fragilaria*, wśród których do najliczniejszych należą *F. construens* var. *venter*. W profilu Niechorze I stanowi ona maksymalnie od 24 do 53%, a w profilu Niechorze II od 34 do 50% (tab. 1, 2). Znaczną frekwencję w niektórych diatomofazach osiąga *Fragilaria brevistriata*, której liczebność w dolnej i górnej części profilu Niechorze II dochodzi do 45% a w profilu Niechorze I – do 26%, oraz *F. pinnata*, której liczebność w dolnej części profilu Niechorze I dochodzi do 44%. W profilu Niechorze II gatunek ten występuje dość licznie (do 28%) i regularnie w późnoglacialnej części osadów. *F. construens* osiąga maksymalną frekwencję (43%) w profilu Niechorze II, a w profilu Niechorze I jej udział wzrasta do 29% dopiero w okresie preborealnym. Na tle wymienionych dominantów jeszcze bardziej zróżnicowane występowanie w badanych osadach wykazują też inne, mniej

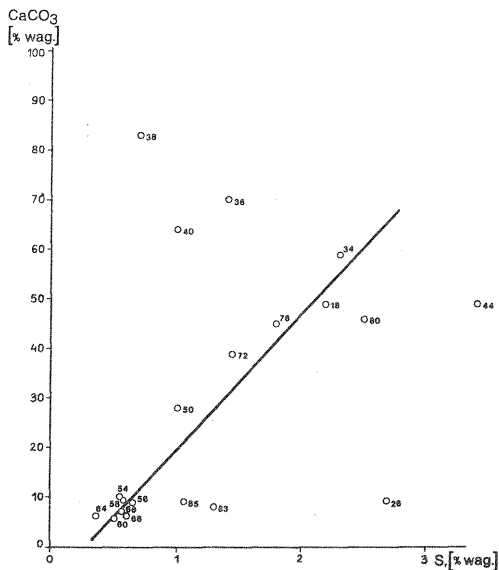


Fig. 7. Zależność zawartości S (ogólnej) od zawartości  $\text{CaCO}_3$  w profilu osadów zbiornika Niechorze II

Dependence of content of S (total) on  $\text{CaCO}_3$  in the Niechorze II section of lacustrine deposits

liczne okrzemki tego rodzaju np.: *F. brevistriata* var. *elliptica*, *F. lapponica*, *F. construens* var. *binodis* i inne.

Tak liczna przewaga flory *Fragilaria* może świadczyć o bardzo małych rozmiarach i niewielkiej głębokości badanych zbiorników lub też może wynikać ze szczególnie niekorzystnych warunków klimatycznych i siedliskowych, w których nie mogły się rozwijać okrzemki planktonowe, jak to miało miejsce na przykład w chłodnych fazach późnego glaciału w Jez. Mikołajskim (por. B. Marciniak, 1973). Jest to zgodne z tezą E.Y. Haworth (1976) wskazującą, że flora *Fragilaria* jest pionierem w zasiedlaniu jezior późnoglacialnych. Nie można jednak w pełni wykorzystać tej flory jako wskaźnika do badań biostratygraficznych, gdyż są to głównie okrzemki szeroko rozprzestrzenione, kosmopolityczne, o dużych zdolnościach adaptacyjnych, które mogą występować w zbiornikach wodnych różnego typu i wieku (por. B. Marciniak, 1981).

Wydaje się, że do wyróżnienia poszczególnych diatomofaz i określenia inicjalnych stadiów rozwoju jezior późnoglacialnych w większym stopniu mogą być przydatne okrzemki towarzyszące dominantom, a szczególnie wskaźnikowe i charakterystyczne (tab. 1, 2). Wyodrębnienie tej grupy również w innych profilach późnoglacialnych obszaru Polski pozwoli na przeprowadzenie analizy porównawczej tych profili i lepsze wykorzystanie bogatej i zróżnicowanej flory okrzemek mniej licznych, zachowanych w osadach jezior kopalnych, które tworzyły się u schyłku plejstocenu.

## ANALIZA GEOCHEMICZNA

### UWAGI OGÓLNE

Badaniami geochemicznymi objęto osady wymienionych zbiorników (fig. 2, 3). Metodą analizy spektralnej oznaczono zawartości pierwiastków śladowych, tj.: Pb, Co, Ni, Cu, Ti, V, Cr i Mn. Pomiary wykonano za pomocą spektrografu siatkowego DFS-13. Przygotowanie próbek do analizy sprowadzało się do dokładnego wymieszania próbki (wyprażonej w temperaturze  $950^\circ\text{C}$ ) ze spektralnie czystym węglem w stosunku 1:1. Stosowano wzorce syntetyczne z odczynnikami

spektralnie czystych. Wykonano również oznaczenia strat prażenia próbek wysuszonych uprzednio do stałej masy w temperaturze 105°C.

Otrzymane wyniki oznaczeń pierwiastków śladowych w profilach Niechorze I i II przedstawiono w tab. 3 i 4. Dla zbiornika Niechorze I wykonano oznaczenia zawartości Ca i Fe metodą półilościowej analizy spektralnej, a wyniki przedstawiono na fig. 4c. Ponadto dla dolnej części profilu osadów zbiornika Niechorze II oznaczono zawartości składników głównych oraz siarki ogólnej, części organicznych i fosforu<sup>2</sup>. Uzyskane wyniki, przedstawione na tab. 5 i fig. 5C, 6, wskazują na zasadnicze różnice chemiczne obydwu opracowywanych zbiorników.

#### NIECHORZE I

W przypadku zbiornika Niechorze I analizą geochemiczną objęto profil osadów datowanych metodą palinologiczną oraz <sup>14</sup>C (E. Brykczyńska, 1978). W obrębie utworów najstarszego dryasu w przedziale 0,00–0,20 m zaznacza się niewielki wzrost zawartości Cu, V, Cr i Ti, przy czym próbka 4 wyraźnie różni się od próbek 1, 2 i 5. Wyraża się to wyższymi koncentracjami Ca i Fe oraz parokrotnie wyższymi stratami prażenia (tab. 3, fig. 4A, C). Kolejny wzrost zawartości Ni, Cu, V, Cr i Ti notujemy w utworach od schyłku böllingu do początku allerödu, odpowiadających przedziałowi 0,24–0,40 m (próbki 6, 8, 9). Na głębokości 0,40–1,25 m koncentracje badanych pierwiastków są małe, często poniżej granicy oznaczalności. Odcinek ten obejmuje osady allerödu, młodszego dryasu i pierwszej części okresu preborealnego. Jedynie w przedziale przypadającym na koniec późnego glaciału zaznacza się wzrost zawartości Ti i Ca i znaczny spadek Mn.

Pierwsza faza okresu preborealnego odznacza się niskimi zawartościami badanych pierwiastków śladowych, natomiast znacznym wzrostem zawartości Ca. Gwałtowny wzrost koncentracji pierwiastków śladowych przypada na odcinek profilu odpowiadający schyłkowi okresu preborealnego. W okresie borealnym (próbki 27–30) zaznacza się stopniowe zmniejszanie koncentracji pierwiastków śladowych, a także Ca i Fe w porównaniu z okresem preborealnym. Kolejny wzrost zawartości tych pierwiastków z maksimum na głębokości 1,50–1,55 m przypada na okres atlantycki, który znalazł wyraźne odbicie w podwyższonej koncentracji Ni – do 110 µg g<sup>-1</sup>, Cu – do 1800 µg g<sup>-1</sup> i V – do 150 µg g<sup>-1</sup>, przy średnich zawartościach tych pierwiastków wynoszących odpowiednio: 33, 134 i 51 µg g<sup>-1</sup>.

#### NIECHORZE II

Zbiornik Niechorze II charakteryzuje się wyższymi średnimi koncentracjami badanych pierwiastków oraz dużo większym ich zróżnicowaniem w profilu pionowym (fig. 5A–C, 6A). Ponieważ dla dolnego odcinka profilu Niechorze II nie udało się dokonać podziału stratygraficznego na podstawie wyników analizy palinologicznej (E. Brykczyńska, 1978), dlatego też na podstawie zróżnicowania koncentracji pierwiastków śladowych podjęto próbę wydzielenia etapów zmienności geochemicznej nazwanych tu chemofazami.

We fragmencie profilu odpowiadającym późnemu glaciałowi zaznacza się wyraźnie pięć odcinków zmienności geochemicznej Ni, Cu, V i Cr (fig. 5A). Inicjalny etap rozwoju zbiornika (chemofaza 1) charakteryzuje się niskimi zawartościami Ni, Cu i V (próbki 85 i 84). Pierwszy wyraźny ich wzrost zaznacza się

<sup>2</sup> Wymienione oznaczenia składników głównych oraz zawartości siarki ogólnej i fosforu wykonano w Laboratorium Surowcowym Kombinatu Geologicznego „Pólnoc” w Warszawie.

Pierwiastki śladowe (w  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) i straty prażenia (w % wag.) w osadach jeziornych profilu Niechorze I

Numer próbki	Metry od dna zbiornika	Pb	Co	Ni	Cu	Ti	V	Cr	Mn	Straty prażenia	Okresy wg E. Brykczyńskiej (1978)	Diatomofazy wg B. Marciniak (1979)	
38	1,85–1,90	12	<10	42	290	3100	84	35	330	52,2	AT	brak okrzemek	
34	1,65–1,70	14	–	60	250	2800	95	40	370	51,7			
31	1,50–1,55	6	–	110	1800	2600	150	94	400	75,2			
30	1,46–1,50	8	–	46	340	3400	110	115	360	58,9	BO	brak okrzemek	
29	1,40–1,46	24	–	35	41	2900	100	110	320	13,9			
27	1,30–1,35	17	–	29	42	2300	60	73	250	51,8			
26	1,25–1,30	9	–	48	76	3200	25	130	350	28,4	PB	b	
25	1,20–1,25	5	–	29	<2	400	13	<5	800	41,0		IN6	a
22	1,05–1,10	<5	–	12	6	300	10	<5	700	43,5			
21	1,00–1,05	<5	–	24	7	560	12	<5	810	43,3	MD	b	
20	0,95–1,00	<5	–	23	7	950	10	<5	280	43,2		IN5	a
19	0,90–0,93	5	–	20	9	780	20	<5	770	44,7			
16	0,75–0,80	5	–	20	8	1200	25	<5	1100	35,0	AL	c	
13	0,60–0,65	5	–	24	9	1200	24	<5	1600	13,0		IN4	b
12	0,55–0,60	5	–	23	7	900	18	12	1350	33,0			a
10	0,45–0,50	10	–	25	16	1600	28	32	1200	21,6			
9	0,40–0,44	9	–	28	24	2100	40	39	900	19,5	SD	IN3	
8	0,35–0,40	14	–	32	40	3100	70	45	800	12,1			
6	0,24–0,30	13	–	30	37	3400	69	71	460	7,2	BÖ	IN2	
5	0,20–0,24	9	–	23	15	2400	39	49	380	6,2			
4	0,15–0,20	8	–	26	27	2700	60	37	570	29,2			
2	0,05–0,08	14	–	28	24	3500	54	63	480	6,0	ND	IN1	
1	0,00–0,05	8	–	25	13	3000	51	47	530	5,8			



na głębokości 0,05–0,20 m (chemofaza 2), po czym następuje zmniejszenie się ich zawartości, osiągające minimum na głębokości 0,50–0,55 m (chemofaza 3). Kolejny znaczny wzrost zawartości Ni, Cu, V i Cr z niewielkim zróżnicowaniem obejmuje odcinek 0,68–1,63 m (chemofaza 4), a następnie zaznacza się ponowne zmniejszenie zawartości pierwiastków śladowych do minimum na głębokości 2,03–2,08 m (chemofaza 5).

Okresowi preborealnemu odpowiada chemofaza 6. Cechuje ją wyraźny podział na 2 etapy. W pierwszym etapie zaznacza się wyraźny wzrost zawartości Ni, Cu, V i Cr, po czym następuje gwałtowny ich spadek, często poniżej granicy oznaczalności. Tak więc wydaje się, że wzrost zawartości pierwiastków śladowych można wiązać z ociepleniem charakterystycznym dla początku holocenu. Jednak postępująca kontynentalizacja klimatu w okresie preborealnym mogła wpływać na zmniejszenie produkcji materii żywej i zmianę charakteru wietrzenia, co znalazło odbicie w niskich zawartościach Ni, Cu, V, Cr i Ti – pierwiastków czułych na wszelkie zmiany warunków fizyczno-chemicznych środowiska zbiorników wodnych.

Zmiany klimatyczne holocenu w sposób wyraźny zaznaczyły się również w dalszej części profilu Niechorze II. Okresowi borealnemu (chemofaza 7) odpowiada wzrost zawartości Ni, Cu i V oraz zmniejszenie zawartości Mn. Strefa maksymalnej zawartości Ni, Cu i V na głębokości 3,35–3,40 m przypada na początek okresu atlantyckiego (chemofaza 8), przy czym zawartość Ni dochodzi do  $300 \mu\text{g g}^{-1}$ , a Cu do  $530 \mu\text{g g}^{-1}$ , przy średnich zawartościach tych pierwiastków wynoszących odpowiednio  $60$  i  $90 \mu\text{g g}^{-1}$ . Górna granica chemofazy 8, wyznaczona zawartością pierwiastków śladowych, nie pozostaje w zgodzie z granicą między okresem atlantyckim i subborealnym, wyznaczoną na podstawie analizy palinologicznej (E. Brykczyńska, 1978). Tak znaczne obniżenie zawartości wskaźnikowych pierwiastków śladowych w tej części profilu Niechorze II wskazywałoby na wcześniejszą zmianę warunków klimatycznych. Niższe zawartości badanych pierwiastków potwierdzają osuszenie się klimatu i jego względne zaostrenie w okresie subborealnym w porównaniu z okresem atlantyckim.

Jak wspomniano na wstępie dla dolnej części profilu zbiornika Niechorze II została również wykonana analiza składników głównych osadu jeziornego (tab. 5). Opierając się na podziale dokonanym na podstawie zmienności geochemicznej Ni, Cu, V i Cr (fig. 5A), podjęto próbę powiązania tego podziału z ogólnym składem chemicznym osadów. Zawartość CaO, MgO i FeO po przeliczeniu na formę węglanową oraz zawartość części organicznych przedstawiono na fig. 5C, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na fig. 6A oraz P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i S na fig. 6B.

Najwyższe koncentracje CaCO<sub>3</sub> stwierdza się w chemofazach 3 i 6. Zawartość MgCO<sub>3</sub> utrzymuje się w badanym profilu na zbliżonym poziomie. Zawartość FeCO<sub>3</sub> jest również niezbyt zróżnicowana z wyjątkiem chemofazy 4, gdzie w próbce 64 FeCO<sub>3</sub> osiąga 10,6%, przy średniej zawartości 3,7%. W próbce tej stwierdzono również wyższą zawartość Mn i Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> w porównaniu z pozostałymi próbkami.

Najwyższą zawartość SiO<sub>2</sub> notuje się w chemofazach 1 i 4, a najniższą w chemofazach 6 i 7. Zawartość Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> jest stosunkowo mało zróżnicowana z wyjątkiem wspomnianej już próbki 64. W zawartościach Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zaznaczają się dwa wyraźne maksima: jedno w chemofazie 2, a drugie w chemofazie 4.

Zawartość fosforu wyrażonego w postaci P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> waha się w granicach 0,09–0,92%. Jest on zaliczany do pierwiastków biofilnych, dzięki obiegowi przy współdziałaniu organizmów żywych. W warunkach hipergenicznych wytrąca się w postaci fosforanów żelazowych, wapniowych i innych. W omawianym profilu nie stwierdzono wyraźnej zależności zawartości fosforu od części organicznych, a także żelaza i wapnia.

Koncentracja siarki ogólnej w badanym profilu jest zróżnicowana i mieści się w granicach 0,36–3,78%. Podobnie jak fosfor jest ona zaliczana do pierwiastków biofilnych. Charakterystyczną jej

Pierwiastki śladowe (w  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) w osadach jeziornych profilu Niechorze II

Numer próbki	Metry od dna zbiornika	Pb	Co	Ni	Cu	Ti	V	Cr	Mn	Chemo-fazy	Diatomofazy wg B. Marciniak (1979)	Okresy wg E. Brykczyńskiej (1978)	
1	4,28–4,33	8	<10	55	180	2000	5	24	160		brak okrzemek		
5	4,03–4,08	<5	<10	38	230	2600	26	37	600				
7	3,93–3,98	<5	<10	63	170	3500	36	50	510	8			
13	3,66–3,71	<5	60	250	250	1500	67	31	1300				
18	3,35–3,40	<5	67	300	530	1100	110	29	1500				
20	3,25–3,30	<5	54	170	210	240	31	28	900				
22	3,15–3,21	<5	58	160	160	230	19	29	2600	7			BO
28	2,86–2,91	<5	62	53	170	220	10	26	4000				
32	2,68–2,73	8	52	59	87	350	<5	24	7200	6			b a
34	2,58–2,63	<5	<10	14	8	<50	<5	<5	3600				
36	2,48–2,53	<5	<10	<5	6	85	<5	<5	6600				
38	2,38–2,43	<5	<10	<5	<2	<50	<5	<5	5900				
42	2,13–2,18	8	<10	35	66	1800	29	53	1100				
44	2,03–2,08	5	<10	18	10	1800	23	30	430	5	b a		
50	1,73–1,78	15	<10	34	32	3800	70	51	1600				
52	1,58–1,63	21	<10	56	58	3900	95	67	450	4	c b a		
58	1,28–1,33	15	<10	57	82	5800	110	100	1100				
62	1,08–1,13	19	<10	57	57	3700	120	68	1200				
64	0,98–1,03	17	<10	37	76	5100	85	55	5100				
66	0,88–0,93	23	<10	51	78	3300	100	65	1300				
68	0,78–0,83	14	<10	47	63	3600	90	53	1100				
70	0,68–0,73	23	<10	60	85	4200	105	69	450				
74	0,50–0,55	9	<10	20	22	1100	24	30	3100	3	IIN2 IIN1		
76	0,40–0,45	10	<10	25	23	2200	41	41	2000				
78	0,30–0,35	8	<10	32	25	3500	50	42	1800				
80	0,20–0,25	11	<10	31	21	3300	65	46	2900				
81	0,15–0,20	10	<10	45	30	4300	61	50	1500				
82	0,10–0,15	13	<10	40	32	6900	78	100	600	2			
83	0,05–0,10	15	<10	42	28	5600	110	59	1200				
84	0,00–0,05	10	<10	24	20	5200	58	44	560	1			
85	0,05–0,00	16	<10	23	21	5800	54	76	420				

cechą jest właściwość występowania na kilku stopniach wartościowości, z których główne znaczenie ma jon  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$  oraz  $\text{SO}_4^{2+}$ . Z obecnością jonów siarczkowych wiąże się możliwość wytrącania pierwiastków sulfofilnych w postaci trudno rozpuszczalnych siarczków, w wyniku czego następuje wzbogacenie w nie osadu. Siarkę w postaci jonu siarczanowego wiązać należy głównie z formą trudno rozpuszczalnych siarczanów wapnia, baru i in. Na fig. 7 przedstawiono zależność zawartości siarki ogólnej od zawartości  $\text{CaCO}_3$ , która dla większości próbek jest pozytywna. Różnice wykazywały próbki 36, 38 i 40, przypadające na drugą część chemofazy 6, w której stwierdzono znacznie niższe zawartości siarki w stosunku do wapnia. Na odcinku tym zawartość pierwiastków sulfofilnych spada do granic oznaczalności. Najwyższą koncentrację siarki notuje się w próbce 44 na granicy chemofazy 5 i 6, czyli między późnym glaciałem a holocenem. Wyższe zawartości siarki w stosunku do  $\text{CaCO}_3$  stwierdza się w próbkach 85, 83 i 80 odpowiadających początkowemu etapowi rozwoju zbiornika. Nietypowa jest próbka 26 reprezentująca chemofazę 7 z okresu borealnego, w której zawartość siarki przy niskiej zawartości  $\text{CaCO}_3$  jest wysoka. Próbka ta charakteryzuje się wyższą zawartością Ni, Cu, V i Cr.

#### PRÓBA OKREŚLENIA PRZYCZYN ZMIAN ZAWARTOŚCI PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W ANALIZOWANYCH OSADACH

Podstawowym źródłem pierwiastków śladowych w osadach jeziornych są wietrzejące skały i materia organiczna. W procesie wietrzenia skał pierwiastki uwalniane z minerałów przechodzą w obieg wodny. Następnie część z nich jest sorbowana przez minerały wtórne, część pobierana przez rośliny, a część pozostaje w roztworze. Transport wszelkich produktów wietrzenia oraz szczątków organicznych kończy się w zamkniętym zbiorniku śródlądowym, w którym ma miejsce sedymentacja. Podczas tego procesu następuje zróżnicowanie pierwiastków w osadzie, będące wynikiem rozpuszczania, ekstrakcji i ewentualnego wydzielania się w innych miejscach składników łatwo rozpuszczalnych, oraz wzbogacanie osadu w składniki trudno rozpuszczalne.

Największą zmienność w obydwu badanych profilach stwierdzono w zawartości miedzi. W profilu Niechorze I waha się w granicach  $2-1800 \mu\text{g g}^{-1}$  (tab. 2, fig. 4A), a w profilu Niechorze II  $2-530 \mu\text{g g}^{-1}$  (tab. 3, fig. 5A). Podobne zróżnicowanie w zawartościach miedzi obserwowano w osadach jeziornych w Worytach (A. Cieśla i in., 1978; A. Cieśla, praca w druku). Wzrost koncentracji pierwiastków śladowych w osadzie zbiornika wynika z możliwości ich wydzielania się w postaci trudno rozpuszczalnych związków. W przypadku pierwiastków sulfofilnych są to najczęściej siarczki.

Zróżnicowanie w osadzie koncentracji niklu, podobnie jak i miedzi, wiązać należy z właściwościami sulfofilnymi tych pierwiastków.

Geochemiczne właściwości wanału wynikają z możliwości jego występowania na różnym stopniu utleniania od +2 do +5. Na wyższych stopniach utleniania wanad wykazuje skłonność do tworzenia trwałych połączeń kowalencyjnych z fluorowcami i tlenem. Uwolniony z minerałów w procesie wietrzenia w postaci związków kompleksowych przechodzi do roztworów wodnych. W zbiorniku sedymentacyjnym, w środowisku siarkowodorowym może dojść do zwiększenia jego koncentracji w formie takich związków, jak  $\text{VO}(\text{OH})$  i  $\text{VS}_2$ . W rozmieszczeniu pionowym osadu zwraca uwagę duża zmienność zawartości wanadu, a także korelacja między jego zawartością i zawartością miedzi i niklu.

Rozkład chromu w obu profilach jest na ogół zgodny z rozkładem miedzi, niklu i wanadu z wyjątkiem próbek z głębokości 2,86–4,28 m z profilu Niechorze II (tab. 3, fig. 5A), w których koncentracje tego pierwiastka mają zbliżone i małe wartości. Geochemię chromu należy rozpatrywać uwzględniając małą ruchliwość tego pierwiastka. Chrom uwalniany z minerałów w procesie wietrzenia jest przechwytywany przez minerały wtórne, co utrudnia jego migrację do

Pierwiastki główne i części organiczne (w % wag.) w osadach jeziornych profilu Niechorze II

Numer próbki	Metry od dna zbiornika	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	H <sub>2</sub> O	cz. org.	CO <sub>2</sub>	S	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	FeCO <sub>3</sub>	Chemo-fazy	Diatomofazy wg B. Marciniak (1979)	Okresy wg E. Brykczyńskiej (1978)
26	2,96 – 3,91	0,49	4,32	–	n w.	0,05	5,16	0,15	śl.	śl.	0,089	0,028	13,04	82,3	0,53	2,72	9,21	0,31	–	7		BO
34	2,58 – 2,63	1,23	0,14	1,56	0,25	0,07	33,03	0,25	0,02	śl.	0,39	0,146	6,36	34,3	22,96	2,30	58,59	0,52	2,52	6	brak okrzemek IIN6 b a	PB
36	2,48 – 2,53	0,74	n.w.	1,03	0,53	0,08	39,41	0,30	0,01	śl.	0,36	0,171	4,48	24,4	29,24	1,50	70,34	0,63	1,66			
38	2,38 – 2,43	1,74	n.w.	0,43	0,51	0,07	44,82	0,38	0,01	śl.	0,40	0,193	2,55	16,7	33,09	0,70	82,68	0,79	0,69			
40	2,28 – 2,33	8,02	0,07	0,79	0,38	0,06	36,12	0,29	0,03	0,07	0,22	0,060	4,07	24,1	27,00	1,08	64,47	0,61	1,27			
44	2,03 – 2,08	7,56	2,08	2,78	1,28	0,16	27,20	0,51	0,12	0,36	0,14	0,027	5,03	32,0	19,52	3,78	48,54	1,07	4,48	5	IIN5 b a	?
50	1,73 – 1,78	34,55	1,57	2,29	6,13	0,45	16,16	1,27	0,41	1,50	0,13	0,063	3,72	21,0	11,55	1,09	28,84	2,66	3,69			
54	1,48 – 1,53	46,05	1,77	2,24	8,20	0,59	5,15	1,56	0,57	2,07	0,28	0,033	4,37	27,8	2,29	0,55	9,19	3,26	3,61	4	IIN4 b a IIN3	
56	1,38 – 1,43	47,12	2,03	2,20	7,72	0,58	4,96	1,50	0,51	1,99	0,32	0,037	4,42	26,6	2,90	0,64	8,85	3,14	3,55			
58	1,28 – 1,33	45,65	2,68	2,56	8,38	0,64	5,47	1,62	0,52	2,15	0,34	0,056	4,32	24,8	3,83	0,54	9,76	3,39	4,13			
60	1,18 – 1,23	53,82	2,49	2,07	9,03	0,39	3,23	1,62	0,61	2,28	0,23	0,036	3,50	20,9	1,92	0,52	5,76	3,39	3,34			
64	0,98 – 1,03	40,85	7,74	6,56	8,71	0,16	3,68	1,41	0,48	1,90	0,42	0,233	4,99	23,0	4,00	0,36	6,57	2,95	10,58			
66	0,88 – 0,93	46,12	2,42	3,70	9,02	0,24	3,85	1,45	0,56	2,07	0,04	0,064	5,40	26,6	2,24	0,57	6,87	3,03	5,97			
68	0,78 – 0,83	42,50	3,27	2,09	7,48	0,08	3,59	1,26	0,44	1,71	0,17	0,061	6,51	34,1	1,70	0,61	6,41	2,63	3,37			
72	0,58 – 0,63	14,49	2,72	3,60	2,70	0,04	21,73	0,53	0,15	0,50	0,92	0,082	7,48	32,9	15,68	1,44	38,78	1,11	5,81			
76	0,40 – 0,45	13,59	2,92	2,46	2,92	0,03	25,35	0,73	0,20	0,57	0,31	0,064	5,80	29,1	17,25	1,79	45,24	1,53	3,97			
78	0,30 – 0,35	15,96	1,67	2,21	3,04	0,03	27,65	0,82	0,23	0,79	0,17	0,061	4,34	23,4	19,84	2,00	49,35	1,72	3,56			
80	0,20 – 0,25	19,00	1,78	2,27	3,39	0,03	25,67	1,03	0,30	0,88	0,11	0,076	3,83	21,2	17,90	2,48	45,82	2,15	3,66			
83	0,05 – 0,10	65,26	1,99	1,60	7,74	0,47	4,34	1,47	0,70	2,34	0,07	0,042	2,60	9,0	1,63	1,30	7,75	3,07	2,58	2	IIN1	
85	0,05 – 0,00	73,76	1,80	0,71	4,57	0,17	4,86	0,86	0,61	1,69	0,06	0,025	1,65	5,5	2,54	1,06	8,67	1,80	1,14	1		

n.w. – nie wykryto

wód gruntowych. Nie jest wykluczone, że wzrost zawartości tego pierwiastka należy wiązać z bardziej lub mniej intensywnym nagromadzeniem się i rozkładem szczątków organicznych w badanym osadzie (A. Kabata-Pendias, H. Pendias, 1979).

Zawartość ołowiu w profilach Niechorze I i II waha się w granicach  $<5-24 \mu\text{g g}^{-1}$  i odznacza się niewielkim zróżnicowaniem (tab. 3 i 4A).

Rozkład tytanu w profilu pionowym jest na ogół zmienny, zgodny ze zmiennością Cu, Ni, V i Cr. Pozostaje jeszcze nie wyjaśnione, że w profilu Niechorze II taka zgodność nie występuje.

Zawartość kobaltu stwierdzono jedynie na głębokości 2,68–3,71 m w zbiorniku Niechorze II. W pozostałych próbkach jest ona poniżej granicy oznaczalności.

Zawartość manganu w profilach pionowych obydwu zbiorników jest odmienna. W Niechorzu I waha się w granicach  $250-1600 \mu\text{g g}^{-1}$ , a maksymalną zawartość stwierdzono w próbkach z głębokości 0,40–0,80 m. W Niechorzu II zawartość manganu jest bardziej zróżnicowana i waha się w granicach  $160-7200 \mu\text{g g}^{-1}$ , przy czym zaznacza się wyraźnie pięć maksimów, z których część zgodna jest z najwyższymi zawartościami Cu, a część z wyższymi zawartościami Cu, Ni, V i Cr. Świadczy to o koncentracji manganu w zmiennych warunkach fizyczno-chemicznych. Mangan jest ważnym pierwiastkiem wskaźnikowym w procesach limnologicznych. Uwolniony podczas wietrzenia przechodzi w obieg wodny głównie w postaci  $\text{Mn}^{2+}$  i w formie koloidalnej zawiesiny wodorotlenku  $\text{Mn}^{4+}$ . W postaci kationu dwuwartościowego może pozostawać w kwaśnych roztworach wodnych przez kilka miesięcy, do granicznej wartości pH 8,2 przy stężeniu  $\text{pMn}^{2+} = 6,7-7,9$  (D.E. Wilson, 1980). Tak więc wydaje się prawdopodobne wydzielanie manganu w środowisku kwaśnym i przy obecności jonów siarczkowych w postaci trudno rozpuszczalnego siarczku. Z tą formą, być może, należy wiązać podwyższone koncentracje manganu w osadach o wyższych zawartościach pierwiastków sulfofilnych.

Wraz ze wzrostem potencjału utleniającego i pH środowiska wodnego mangan ulega utlenieniu do  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ . Czynnikiem wpływającym na wzrost pH są głównie rozpuszczalne węglany wapnia i manganu. W postaci koloidalnej zawiesiny mangan może być sorbowany przez cząstki organiczne, przy czym sorpcja jego rośnie wraz ze wzrostem pH środowiska (H. Kerndorff, M. Schnitzer, 1980). Z tą właściwością manganu pozostają w zgodzie maksima zawartości tego pierwiastka z najwyższymi zawartościami wapnia.

Badania geochemiczne wybranych pierwiastków śladowych w profilach pionowych Niechorze I i II wykazały występowanie stref o podwyższonych lub obniżonych koncentracjach tych pierwiastków. Przyczyną wzrostu zawartości Cu, Ni, V, Cr w osadzie jeziornym może być większe nagromadzenie się w nim szczątków organicznych oraz dopływ wód powierzchniowych wzbogaconych w te pierwiastki. Cząstki organiczne ulegając rozkładowi wpływają na warunki fizyczno-chemiczne środowiska, a także same są dostawcami niektórych pierwiastków śladowych. Rozwój materii organicznej oraz intensywność procesu wietrzenia wiąże się ściśle z warunkami klimatycznymi. Strefa o zbliżonych koncentracjach pierwiastków śladowych w profilu pionowym osadów jeziornych świadczy o trwających przez pewien czas podobnych warunkach klimatycznych, natomiast zmiany zawartości pierwiastków śladowych mogą wynikać ze zmian klimatycznych w okresie tworzenia się danego osadu.

Otrzymane odmienne wyniki geochemiczne dla dwóch równoległych i blisko siebie położonych zbiorników mogą świadczyć o innych czynnikach niż czynniki klimatyczne wpływających na skład chemiczny osadów.

Okres „ciszy” geochemicznej trwającej przez alleröd, młodszy dryas i okres preborealny w zbiorniku Niechorze I w odróżnieniu od zbiornika Niechorze II może wynikać z różnic w budowie geologicznej mis jeziornych. Zbiornik Niechorze I otaczają bowiem osady piaszczyste, ułatwiające przenikanie opadów i tym samym zróżnicowanie wód gruntowych przenikających do tego zbiornika, natomiast zbiornik Niechorze II otaczają głównie nieprzepuszczalne ropy i gliny zwalowe (K. Kopczyńska-Lamparska i in., praca w druku). Stężenie pierwiastków śladowych w pierwszym zbiorniku jest zatem zbyt małe, aby mogły się one wytrącać w postaci trudno rozpuszczalnych związków, natomiast w zbiorniku Niechorze II może zachodzić zróżnicowany proces wytrącania się pierwiastków i tym samym mogą być zarejestrowane okresowe zmiany klimatu. Z tego też względu wydaje się słuszna możliwość stosowania sulfofilnych pierwiastków śladowych jako wskaźników geochemiczno-klimatycznych (A. Cieśla, praca w druku).

Z badań przeprowadzonych w Związku Radzieckim także wynika wyraźny związek między rytmem zmian klimatycznych dokumentowanych palinologicznie i diatomologicznie a składem chemicznym osadów jeziornych ze szczególnym uwzględnieniem zmienności pierwiastków śladowych (N.N. Davydova i in., 1978; W.G. Drabkova i in., 1981). I tak w osadach Jez. Wielki Kisegac stwierdza się dużą zmienność zawartości Ni, Cu i V od allerödu do okresu subatlantyckiego. Najwyższe zawartości tych pierwiastków notuje się w okresie borealnym, a najniższe w młodszy dryasie.

W przypadku osadów z Niechorza I i II stwierdzono także tendencję do wzrostu koncentracji pierwiastków śladowych w okresach cieplejszych i spadku w okresach chłodniejszych. Największa koncentracja Ni, Cu i V miała miejsce w okresie atlantyckim (fig. 4A, 5A).

## UWAGI KOŃCOWE

Z przeprowadzonych badań diatomologicznych i geochemicznych wynika, że analizowane osady reprezentują dwa niewielkie zbiorniki jeziorne (Niechorze I i II) istniejące niezależnie od siebie, które odznaczają się różnym tempem oraz charakterem sedymentacji mineralnej i organicznej w późnym glacie i holocenie.

W profilu osadów mniejszego zbiornika – Niechorze I zanotowano nieco większe przerwy w sedymentacji okrzemek oraz większą zmienność i zróżnicowanie okrzemek dominujących niż w profilu osadów większego zbiornika – Niechorze II (fig. 2, 3, tab. 1, 2).

W Niechorzu I, w diatomofazach IN1, IN2, IN3 obejmujących osady najstarszego dryasu, böllingu i starszego dryasu przeważa *Fragilaria pinnata*, której obecność charakteryzuje pierwsze stadium rozwoju tego zbiornika. Natomiast w drugim stadium, obejmującym trzy następne diatomofazy (IN4, IN5, IN6) należące do allerödu, młodszy dryas i okresu preborealnego dominuje *Fragilaria construens* var. *venter* (por. B. Marciniak, 1981).

Podobny podział omawianej części profilu Niechorze I zaznacza się na podstawie wyników analizy pierwiastków śladowych. W trzech pierwszych okresach późnego glaciału obserwuje się lekkie podniesienie krzywych zawartości pierwiastków śladowych (Ni, Cu, V, Cr, Ti) z niewielkim spadkiem ich zawartości w glinie soliflukcyjnej rozdzielającej osady böllingu. Stwierdzono także bardzo niskie wartości badanych pierwiastków (często poniżej granicy oznaczalności) w osadach allerödu, młodszy dryas i większej części okresu preborealnego (fig. 4A, B).

W profilu okrzemkowym zbiornika Niechorze II we wszystkich wyróżnionych diatomofazach późnoglacialnych przeważa *Fragilaria construens* var. *venter*. Zmiana w składzie dominantów zaznacza się dopiero w okresie preborealnym, w którym zdobywa przewagę rodzaj *Synedra* (tab. 2). Większe zróżnicowanie składu i liczebności okrzemek w tym profilu można odczytać jedynie w grupie subdominantów i wśród okrzemek charakterystycznych (tab. 2).

Natomiast wyniki analizy geochemicznej omawianej części profilu Niechorze II wykazały większe zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych niż w profilu Niechorze I, co pozwoliło na wyróżnienie chemofaz i porównanie ich z diatomofazami (fig. 5A, B). Dużą zmienność wykazały również inne składniki chemiczne analizowane w tym profilu (fig. 5C, 6).

Pomimo zbliżonego wieku analizowanych zbiorników (por. dane palinologiczne i oznaczenia wieku metodą  $^{14}\text{C}$ , fig. 2, 3), okazało się, że różne rozmiary tych zbiorników, ich różna głębokość, inna budowa geologiczna podłoża oraz otoczenia mogą wywierać decydujący wpływ na skład chemiczny i sukcesję flory okrzemkowej. Wyżej wymienione cechy geologiczne i związane z nimi warunki paleohydrogeologiczne mogły w sposób bardziej decydujący zaznaczyć się w analizowanych osadach niż zmiany klimatyczne zachodzące w późnym glacialu i holocenie.

Z przeprowadzonych badań wynika więc, że należy liczyć się z możliwością wykorzystania analizy diatomologicznej i geochemicznej do prób identyfikacji i korelacji różnorodnych osadów zbiornikowych, a zwłaszcza osadów kopalnych jezior polodowcowych.

Instytut Geochemii, Mineralogii i Petrografii  
Uniwersytetu Warszawskiego  
Instytut Nauk Geologicznych  
Polskiej Akademii Nauk  
Warszawa, al. Żwirki i Wigury 93  
Nadesłano dnia 6 sierpnia 1981 r.

## PIŚMIENNICTWO

- BRYKCZYŃSKA E. (1978) – Próba odtworzenia rozwoju roślinności w późnym glacialu i holocenie w okolicach Niechorza na Pomorzu Zachodnim. *Kwart. Geol.*, **22**, p. 361–367, nr 2.
- CIEŚLA A. (praca w druku) – Wpływ osadnictwa na chemizm osadów jeziornych. W: Woryty – Studium archeologiczno-przyrodnicze zespołu kultury lużyckiej. Seria – Polskie Badania Archeologiczne, **20**, Ossolineum.
- CIEŚLA A., RALSKA-JASIEWICZOWA M., STUPNICKA E. (1978) – Paleobotanical and geochemical investigations of the lacustrine deposits at Woryty near Olsztyn (NE Poland). *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **25** p. 61–73, nr 1/2.
- DAVYDOVA N.N., DRABKOVA V.G., JAKOVLEVA L.V., KHOMUTOVA V.I., SERGEEVA L.V. (1978) – Bottom sediments of Big Kisegach Lake and its paleolimnology. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **25**, p. 93–97, nr 1/2.
- HAWORTH E.Y. (1976) – Two Late-glacial (Late Devensian) diatom assemblage profiles from northern Scotland. *New Phytol.*, **77**, p. 227–256.
- HUSTEDT F. (1948) – Die Diatomeenflora diluvialer Sedimente bei dem Dorfe Gaj bei Konin im Warthegebiet. *Schweiz. Zt. Hydrol.*, **11**, p. 181–209.

- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. (1979) — Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geol. Warszawa.
- KERNENDORFF H., SCHNITZER M. (1980) — Sorption of metals on humic acid. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **44**, p. 1701–1708, nr 11.
- KOPCZYŃSKA-LAMPARSKA K. (1976) — Radiocarbon datings of the Late Glacial and Holocene deposits of Western Pomerania. *Acta Geol. Pol.*, **26**, p. 413–418, nr 3.
- KOPCZYŃSKA-LAMPARSKA K. (1978) — Arkusz Niechorze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000. Inst. Geol. Warszawa.
- KOPCZYŃSKA-LAMPARSKA K. (1979) — Objasnienia arkusza Niechorze Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, p. 1–59. Inst. Geol., Warszawa.
- KOPCZYŃSKA-LAMPARSKA K. (1980) — Zestawienie i interpretacja materiałów geologicznych, paleobotanicznych i chemicznych osadów kopalnych zbiorników jeziornych okolic Niechorza. *Spraw. Bad. Nauk.*, nr 3. Komitet Badań Czwartorzędu PAN, p. 119–131. Warszawa.
- KOPCZYŃSKA-LAMPARSKA K., CIEŚLA A., MARCINIAK B., SKOMPSKI S., SZEROCZYŃSKA K. (praca w druku) — Stratigrafie der spätglaziale Sedimente und Deglaziation der Umgebung von Niechorze (NW Pommern, VR Polen). *Wis. Ztschr. Ernst.-Moritz-Arndt-Univer. Greifswald, Mat.-Naturw. Reihe, Bd*, **29**.
- MARCINIAK B. (1973) — Zastosowanie analizy diatomologicznej do stratygrafii późnoglacialnych osadów Jeziora Mikołajskiego. *Studia Geol. Pol.*, **39**.
- MARCINIAK B. (1979) — Dominant diatoms from Late Glacial and Holocene lacustrine sediments in Northern Poland. *Nova Hedwigia*, **64**, p. 411–426.
- MARCINIAK B. (1981) — Late-Glacial diatom phases in western Pomerania. *Acta Geol. Pol.*, **31**, p. 127–137, nr 1–2.
- SIMONSEN R. (1957) — Spätglaziale Diatomeen aus Holstein. *Arch. Hydrobiol.*, **53**, p. 337–349, nr 3.
- WILSON D.E. (1980) — Surface and complexation effects on the rate of Mn (II) oxidation in natural waters. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **44**, p. 1311–1317, nr 9.
- ДРАБКОВА В.Г., ДАВЫДОВА Н.Н., СЕРГЕЕВА Л.В., ХОМУТОВА В.И., ЯКОВЛЕВА Л.В. (1981) — Палеолимнология озера Большой Кисегач. В: Палеолимнологический подход к изучению антропогенного воздействия на озера, стр. 73–83. Ленинград.

Анна ЦЕСЛЯ, Барбара МАРЦИНЯК

### РАЗВИТИЕ ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЫХ ОЗЕР В НЕХОЖЕ (ЗАПАДНОЕ ПРИМОРЬЕ) В СВЕТЕ ДИАТОМОЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

#### Резюме

В Западном Приморье, около Нехожа изучались обнажившиеся в клифе Балтийского моря органогенные породы двух ископаемых бассейнов вытаивания (Нехоже I и II). В обоих анализированных разрезах (фиг. 2, 3) представлен объем и последовательность залегания диатомей и изменчивость концентрации микроэлементов (фиг. 4А, В; 5А, В). В разрезе Нехоже II приведен также химический состав пород (фиг. 5С, 6, 7). Этапы развития бассейна Нехоже I определены согласно с результатами палинологического изучения (Э. Брыкчиньска, 1978), а в случае разреза бассейна Нехоже II из-за отсутствия палинологического расчленения позднеледниковой части осадков, сделана попытка выделения горизонтов с различным содержанием микроэлементов (химифаз), и сравнения их с ранее выделенными диатомофазами (Б. Марциняк, 1979).



Диатомологические и геохимические данные позволяют сделать вывод, что анализируемые породы относятся к двум небольшим самостоятельным озёрам Нехоже I и II, отличающимся разным темпом и составом седиментации минеральных и органических элементов в позднеледниковый период и в голоцене.

В разрезе меньшего бассейна — Нехоже I отмечены немного большие перерывы седиментации диатомей и большая изменчивость и разнородность преобладающих диатомей, чем в разрезе большего бассейна Нехоже II (фиг. 2, 3; таб. 1, 2).

В разрезе Нехоже I в диатомофазах IN1, IN2, IN3, охватывающих породы самого старшего дриаса, бёллинга и старшего дриаса, преобладает *Fragilaria pinnata*, что характерно для первой стадии формирования этого бассейна. Во второй стадии, охватывающей три следующие диатомофазы (IN4, IN5, IN6), соответствующие аллерэду, младшему дриасу и добореальному периоду, преобладают *Fragilaria construens* var. *venter* (ср. Б. Марциняк, 1981).

Такое же расчленение рассматриваемой части разреза Нехоже I намечается по результатам анализа микроэлементов. В трёх первых периодах позднего оледенения наблюдается восхождение кривых содержания микроэлементов (Ni, Cu, V, Cr, Ti) при небольшом понижении их содержания в пласте солифлюкционной глины, разделяющем отложения бёллинга. Отмечено очень малое количество этих элементов (часто ниже границы означаемости) в аллерэде, младшем дриасе и большей части добореального периода (фиг. 5А, В).

В диатомовом разрезе бассейна Нехоже II во всех выделенных позднеледниковых диатомофазах преобладает *Fragilaria construens* var. *venter*. Изменение состава доминирующих форм происходит в добореальное время, когда начинает преобладать род *Synedra* (таб. 2). Большое разнообразие состава и количественного содержания диатомей в этом разрезе можно наблюдать в группе субдоминант и среди характерных диатомей (таб. 2).

В свою очередь результаты геохимического анализа рассматриваемой части разреза Нехоже II выказывают большее разнообразие микроэлементов, чем в разрезе Нехоже I, что позволило выделить химофазы и сравнить их с диатомофазами (фиг. 5А, В). Весьма изменчиво содержание и других химических компонентов, анализированных в этом разрезе (фиг. 5С, 6, 7).

Несмотря на вероятно сближенный возраст обоих бассейнов (ср. палинологические данные с означением возраста методом  $^{14}\text{C}$  — фиг. 2, 3) оказалось, что разные размеры этих бассейнов, различная их глубина и разное геологическое строение основания и окружения оказывают решающее влияние на химический состав и последовательность диатомовой флоры. В случае данных бассейнов выше указанные геологические свойства и связанные с ними палеогидрогеологические условия могли проявиться в анализируемых породах, более решительно чем климатические изменения, происходившие в позднем оледенении и голоцене.

Anna CIEřŁA, Barbara MARCINIĄK

#### DEVELOPMENT OF LATE GLACIAL LACUSTRINE DEPOSITS AT NIECHORZE (WESTERN POMERANIA) IN THE LIGHT OF DIATOMOLOGICAL AND GEOCHEMICAL DATA

##### S u m m a r y

The studies covered organogenic deposits infilling two ancient thaw depressions (Niechorze I and II) at Niechorze (western Pomerania — see Fig. 1). Figures 2 and 3 show distribution and succession of diatoms and Figures 4A, B and 5A, B — changes in concentration of trace elements in sections of the deposits displayed in the Baltic cliff near Niechorze. Chemical composi-

tion of deposits displayed by the Niechorze II section is also given (Figs. 5C, 6, 7). The stages in development of the Niechorze I were reconstructed with reference to the results of palynological studies (E. Brykczyńska, 1978). In the case of the Niechorze II reservoir, palynological data needed for subdividing Late Glacial part of the sequence are lacking so attempt is made to establish horizons differing in content of trace elements, i.e. chemophases, and to correlate them with previously established diatomphases (B. Marciniak, 1979).

The diatomological and geochemical studies showed that the deposits originated in two separate small lacustrine reservoirs, Niechorze I and II, differing in the rate and type of mineral and organic deposition in the Late Glacial and Holocene.

The section of deposits of a smaller reservoir, Niechorze I, displays somewhat larger breaks in sedimentation of diatoms and higher variability and differentiation of predominating diatoms than those of the Niechorze II (Figs. 2, 3, Tables 1, 2). In the former section, diatomphases IN1, IN2, and IN3 (comprising the Oldest Dryas, Bölling and Older Dryas deposits) display predominance of *Fragilaria pinnata*, characteristic of the first stage in the development of that reservoir. The second stage, comprising the next three diatomphases (IN4, IN5, and IN6, comprising the Alleröd, Younger Dryas and pre-Boreal period), is characterized by predominance of *Fragilaria construens* var. *venter* (see B. Marciniak, 1981).

The above discussed part of the Niechorze I section may be similarly subdivided on the basis of results of trace element analysis. The first three time intervals of the Late Glacial show some increase in content of trace elements (Ni, Cu, V, Cr and Ti), followed by a decrease in solifluction loam layer separating Bölling deposits. The content of these elements in the Alleröd, Younger Dryas and a major part of pre-Boreal deposits was found to be very low, often below the identifiability limit (Figs. 5A, B).

In the diatom section of the Niechorze II reservoir, all the evidenced Late Glacial diatomphases display predominance of *Fragilaria construens* var. *venter*. A change in composition of dominants did not take place before the pre-Boreal time, when the genus *Synedra* began to predominate (Table 2). In that section, the group of subdominants and characteristic diatoms appears to be highly differentiated in composition and frequency of occurrence (Table 2). In turn, the results of geochemical analysis of that part of the Niechorze II section showed higher differentiation in content of trace elements than in the Niechorze I section, making it possible to establish chemophases and to correlate them with diatomphases (Fig. 5A, B). Other chemical components also appeared highly variable in that section (Figs. 5C, 6, 7).

The studied reservoirs seem similar in age (see palynological and radiometric,  $^{14}\text{C}$  data – Figs. 2, 3). However, it appears that differences in size of the reservoirs as well as in their depth and geological structure of bedrock and surroundings were bearing decisive influence on chemical composition of deposits and succession of diatom flora. In the case of these reservoirs, the above mentioned geological features and related paleohydrogeological conditions presumably had stronger influence on character of deposits than climatic changes taking place in the Late Glacial and Holocene times.