

PALEOŚRODOWISKO SEDYMENTACJI OSADÓW MIĘDZYMORENOWYCH Z PROFILI SUCHA WIEŚ (POJEZIERZE EŁCKIE) I CZARNUCHA (RÓWNINA AUGUSTOWSKA), PÓŁNOCNO-WSCHODNIA POLSKA

SEDIMENTARY PALAEOENVIRONMENT OF INTERMORAINE DEPOSITS FROM SUCHA WIEŚ (EŁK LAKELAND) AND CZARNUCHA (AUGUSTÓW PLAIN), NORTHEASTERN POLAND

STANISŁAW LISICKI¹

Abstrakt. Praca została wykonana na podstawie badań chemicznych i badań litologicznych osadów z profili Sucha Wieś i Czarnucha. Oba profile są bardzo zbliżone do siebie pod względem litologii i zmian środowiska depozycji osadów. Cykl zmian sedymentacji jest zapisany od osadów klimatu borealnego do osadów jeziornych klimatu ciepłego oraz ponownie do osadów rzecznych i jeziornych klimatu borealnego.

Słowa kluczowe: badania chemiczne i litologiczne, osady jeziorne i rzeczne, Pojezierze Ełckie, Równina Augustowska.

Abstract. The work deals with chemical analyses and lithological studies of deposits from the Sucha Wieś and Czarnucha sections. Both these sections show much similarity in terms of lithologies and changes in sedimentary environments. The sedimentary record reveals a cycle of changes from a boreal climate to a temperate climate represented by lacustrine sediments and again towards a boreal climate with fluvial and lacustrine deposition.

Key words: chemical and lithological studies, lacustrine and fluvial deposits, Ełk Lakeland, Augustów Plain.

WSTĘP

Otwory wiertnicze Sucha Wieś i Czarnucha, z których pobrane osady zostały poddane badaniom chemicznym i litologicznym, są zlokalizowane w północno-wschodniej Polsce, na obszarze Pojezierza Ełckiego i Równiny Augustowskiej, w rejonie Augustowa (fig. 1). Otwory te znajdują się blisko prawdopodobnego zasięgu jeziora interglacjału augustowskiego, które w czasie początkowego i schyłkowego etapu rozwoju miało charakter zbiornika przepływowego. Mimo usytuowania otworów w przypuszczalnej, brzeżnej części zbiornika, ich profile reprezentują w środkowej części osady właściwego jeziora interglacialnego, bez przepływów

rzecznych (w profilu Sucha Wieś) albo z przepływem rzeczonym, zapisanym w części spągowej w profilu Czarnucha.

Badania chemiczne osadów zostały wykonane w Przedsiębiorstwie Proxima z Wrocławia (skrócona analiza chemiczna – skład główny pierwiastków w postaci wskaźników chemicznych, zawartość węgla i wapnia i węgla organicznego), w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie (pełna analiza chemiczna, skład mikroelementów, zawartość boru i berylu) oraz przez J. Nitychoruka z Uniwersytetu Warszawskiego (zawartość izotopów węgla i tlenu oraz węgla wapnia)

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: stanislaw.lisicki@pgi.gov.pl

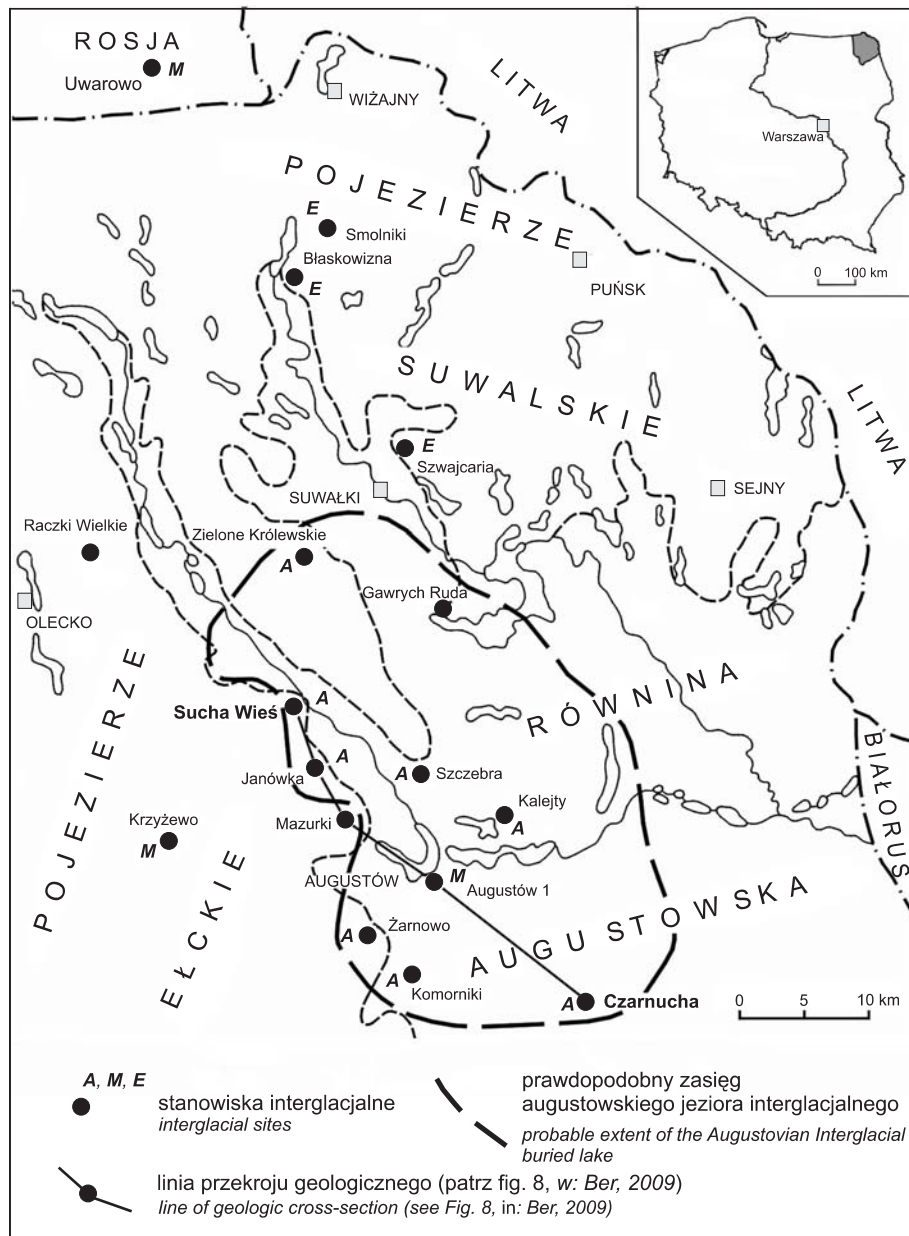


Fig. 1. Szkic sytuacyjny stanowisk interglacialnych w północno-wschodniej Polsce (Ber, 2009)

A – interglacjał augustowski, M – interglacjał mazowiecki, E – interglacjał eemski

Location of interglacial sites in northeastern Poland (Ber, 2009)

A – Augustovian Interglacial, M – Mazovian Interglacial, E – Eemian Interglacial

i B. Marcinkowskiego z Państwowego Instytutu Geologicznego z Warszawy (zawartość węgla wapienia). Badania granulometryczne wykonano w Przedsiębiorstwie Proxima we Wrocławiu, a badania mineralogiczne przeprowadzili

J.A. Czerwonka z Przedsiębiorstwa Proxima z Wrocławia i B. Marcinkowski z Państwowego Instytutu Geologicznego z Warszawy.

ZAWARTOŚĆ WĘGLANU WAPNIA

Dla profilu Sucha Wieś zawartość węglanu wapnia określono dla 37 próbek osadów (fig. 2), czyli dla większej części serii zbiornikowej (głęb. 146,9–172,0 m), pobranych średnio co 0,5 m. Dla 15 próbek osadów z tego samego profilu, przy okazji oznaczania zawartości izotopów węgla i tlenu Nitychoruk (2009) określił również (metodą Scheiblera) zawartość CaCO_3 .

Najniżej pobrane z profilu próbki z głębokości 172,0 i 170,6 m, to mułki (prawdopodobnie zastoiskowe), w których węglan wapnia jest pochodzenia allochtonicznego (fig. 2). Mają one dużą zawartość węglanu wapnia – ponad

12 i 18%. Węglan wapnia w piaszczystych i torfowych osadach z głębokości 167,2–169,3 m jest również podobnego pochodzenia, a jego ilość waha się w granicach 2–8%. W serii osadów właściwego jeziora interglacjalnego (153,6–167,2 m), zawartość węglanu wapnia jest bardzo zmienna – od nieco ponad 1% do maksimum około 16%.

Wysoka zawartość CaCO_3 w tych osadach, głównie w mułkach ilastych, występuje tam, gdzie jest obserwowane w profilu duże nagromadzenie skorupki mięczaków. Wskazuje to na warunki alkaliczne panujące w zbiorniku. Niska zawartość CaCO_3 wskazuje natomiast na warunki kwaśne,

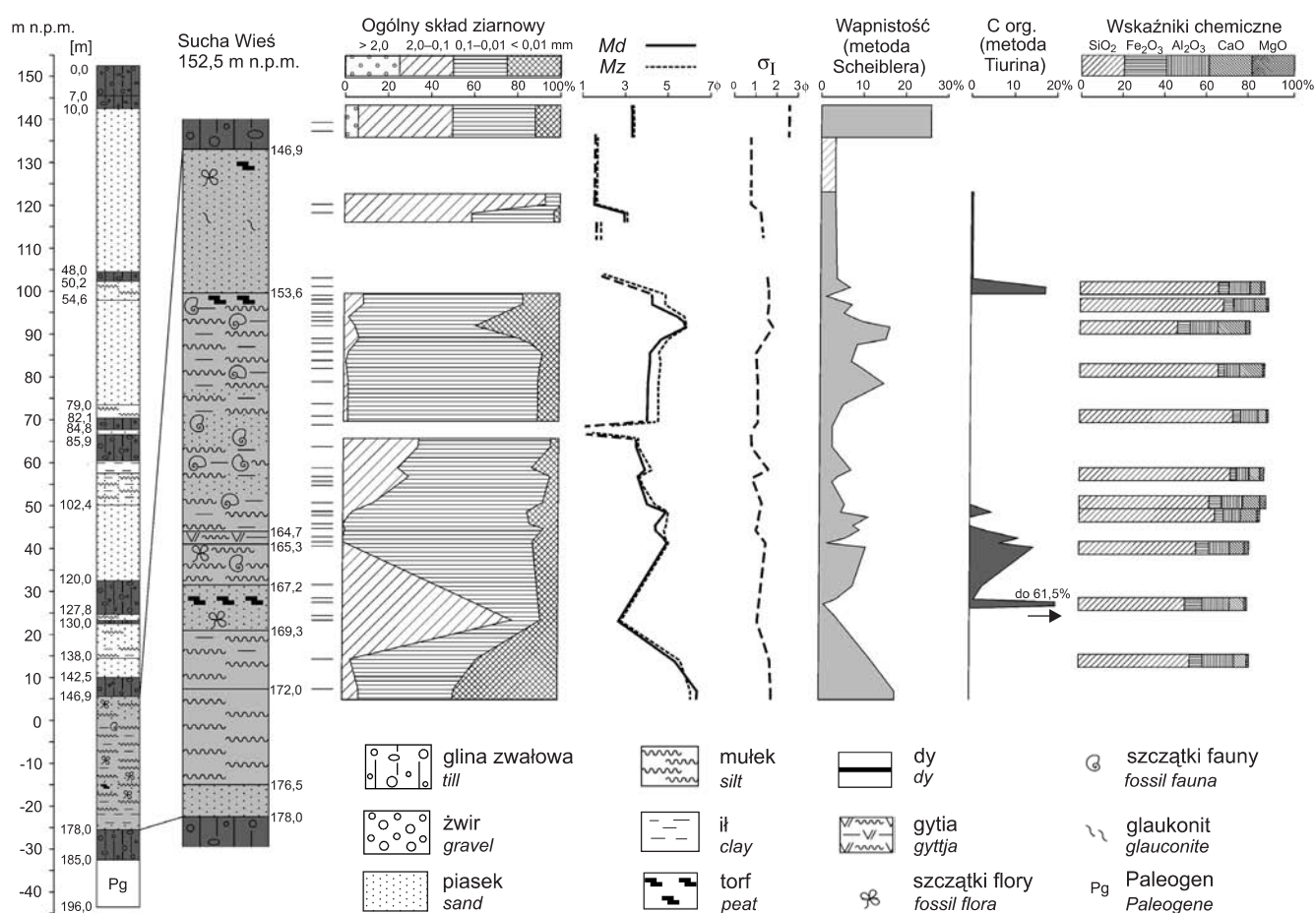


Fig. 2. Wyniki badań chemicznych i litologicznych (granulometrycznych, zawartości CaCO_3 , węgla organicznego i wskaźników chemicznych) dla profilu Sucha Wieś

Results of chemical and lithological studies (granulometric, CaCO_3 content, organic coal and chemical analyses) in the Sucha Wieś section

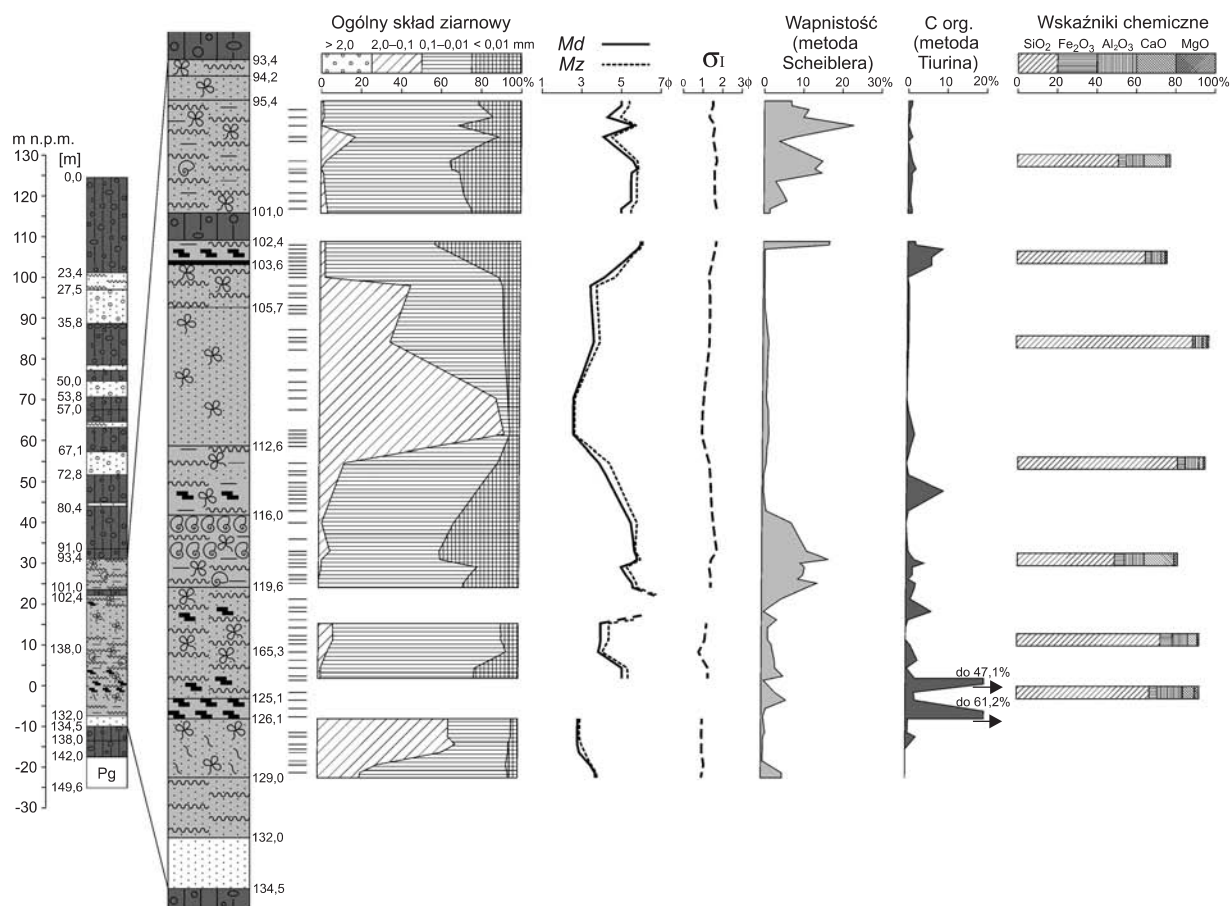


Fig. 3. Wyniki badań chemicznych i litologicznych (granulometrycznych, zawartości CaCO_3 , węgla organicznego i wskaźników chemicznych) dla profilu Czarnucha

Objaśnienia jak na figurze 2

Results of chemical and lithological studies (granulometric, CaCO_3 content, organic coal and chemical analyses) in the Czarnucha section

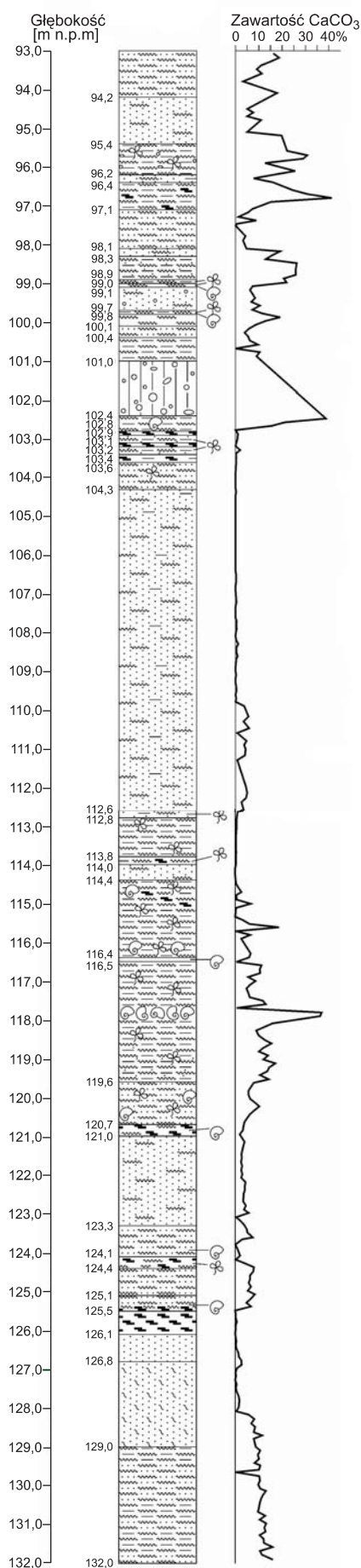
For explanations see Figure 2

a częsta zmienność zawartości węgla wapnia na zmienność środowiska i pH wody jeziora oraz potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (Eh) w czasie akumulacji osadów. W piaskach górnej części profilu zbiornika, gdzie nie występują skorupki mięczaków, ilość CaCO_3 wynosi 3–4%. Są to osady rzeczne, z których prąd wodny odprowadził zawieszinę węglanową. W profilu Sucha Wieś, najbogatsza w węgiel wapnia jest przykrywająca osady zbiornikowe glina lodowcowa. Zawiera ona ponad 28% CaCO_3 .

Dla profilu Czarnucha zawartość węgla wapnia określono dla 54 próbek osadów (fig. 3). Pobrano je z większej (starszej) części serii zbiornikowej (głęb. 102,4–129,0 m),

średnio co 0,7 m. W Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie zostały także wykonane dodatkowe, szczegółowe badania zawartości CaCO_3 (Marcinkowski, w: Lisicki, 2002) dla 326 próbek (fig. 4). Dla obu serii zbiornikowych daje to gęstość opróbowania (średnio) co około 0,12 m. Dla 81 próbek osadów z tego samego profilu Nitychoruk (2005) określił (metodą Scheiblera) zawartość CaCO_3 przy okazji oznaczania zawartości izotopów węgla i tlenu.

Według tych wszystkich badań, w dolnej części starszej serii zbiornikowej do głębokości 119,6 m, gdzie przeważają osady piaszczyste i piaszczysto-mułkowe z warstwami tor-



fu i ze szczątkami roślinnymi, zawartość CaCO₃ nie przekracza 6,5%. Węglan wapnia w tej serii jest głównie pochodzenia allochtonicznego. Wyżej, w przedziale głębokości 116,0–119,6 m, gdzie występują mułki ilaste z nagromadzeniem skorupki mięczaków i z substancją humusową, ilość węglanu wapnia jest duża i wynosi 7–17%, co charakteryzuje środowisko o warunkach alkalicznych. Jeszcze wyżej (prawie do spągu gliny lodowcowej rozdzielającej obie serie osadów zbiornikowych, starszą i młodszą), występują głównie piaski z laminami substancji roślinnej. Lokalnie w części spągowej przewiercono mułki ilaste. Zawartość węglanu wapnia w tej części osadów jest znikoma i nieprzekraczająca 1,5%. Są to niewątpliwie głównie rzeczne osady korytowe, których akumulacja w silnym prądzie powoduje odprowadzanie drobnej frakcji w postaci zawiesiny, w tym zawiesiny węglanowej. Tuż pod gliną lodowcową ilość CaCO₃ wzrasta prawie do 40% (fig. 4), co można tłumaczyć dostawą do zbiornika materiału allochtonicznego pochodzenia lodowcowego.

Powyżej warstwy gliny zwałowej o miąższości 1,4 m występują na głębokości 93,4–101,0 m piaski bardzo drobnoziarniste z przewarstwieniami mułków i przemazami substancji roślinnej. W osadach tych zawartość CaCO₃ jest przeważnie wysoka i wynosi 3–22%, lokalnie w części spągowej 1,5%, a w części środkowej ponad 40% (fig. 4) (Marcinkowski, w: Lisicki, 2002). Prawdopodobnie węglan wapnia zawarty w tych osadach jest pochodzenia allochtonicznego, co może sugerować, że w czasie sedimentacji panował dość chłodny klimat i niezbyt bogata szata roślinna.

←
Fig. 4. Krzywa zawartości CaCO₃ dla profilu Czarnucha (wg Marcinkowskiego, w: Lisicki, 2002)

Objaśnienia jak na figurze 2

CaCO₃ contents from the Czarnucha section
 (after Marcinkowski, in: Lisicki, 2002)

For explanations see Figure 2

ZAWARTOŚĆ WĘGLA ORGANICZNEGO

Dla osadów z profilu Sucha Wieś wykonano analizę zawartości węgla organicznego dla 37 próbek (fig. 2). Węgiel organiczny występuje w osadach torfiastych lub zawierających nagromadzenia szczątków roślinnych. W środkowej części profilu jest to głębokość 163,6–168,0 m. Maksimum zawartości węgla występuje w warstwie torfu znajdującej się w dolnej części osadów na głębokości 168,0 m i wynosi 61,5%. W wyższej części profilu, na głębokości około 153,7 m, w warstwie torfu, zawartość węgla organicznego wynosi 17,1%. Duża zawartość materii roślinnej w tych dwóch miejscach sugeruje kwaśne środowisko sedymentacji i ewentualną eutrofizację zbiornika. Maksymalne zawartości węgla organicznego występują przeważnie w miejscach minimalnej zawartości węglanu wapnia.

Dla osadów z profilu Czarnucha zawartość węgla organicznego obliczono dla 54 próbek (fig. 3). Maksymalna jego ilość występuje w próbkach z głębokości 124,2 i 125,5 m (odpowiednio: 47,1 i 61,2%), pobranych z najstarszych w profilu Czarnucha warstw torfu. Wyżej, do głębokości

112,6 m, zawartość węgla organicznego waha się w granicach 0–10%. Brak węgla obserwuje się szczególnie w miejscach nagromadzeń skorupki mięczaków. Duże zawartości węgla występują w warstwach torfu, który był akumulowany w skrajnie kwaśnym środowisku, w zanikającym zbiorniku o charakterze eutroficznym. Rzeczne osady piaszczyste z głębokości 103,6–112,6 m są praktycznie pozbawione węgla organicznego (przeważnie do 0,4%; pojedyncza próbka w części spągowej – 2,1%). Ponowny wzrost zawartości węgla do 10% obserwuje się w profilu pod rozdzielałą osady gliną zwałową na głębokości 102,4–103,6 m. Występują tu warstwy torfu i dy środowisko jeziora dystroficznego). Tuż pod gliną ilość węgla maleje do około 2%.

W osadach młodszej serii zbiornikowej, leżące poniżej cienkiej gliny zwałowej o miąższości 1,4 m, zawartość węgla organicznego jest niska i wynosi w granicach 0,0–2,1%, natomiast zawartość węglanu wapnia w tych osadach jest największa.

SKŁAD GRANULOMETRYCZNY I MINERALOGICZNY

Dla 21 próbek osadów profilu Sucha Wieś wykonano badania składu granulometrycznego (fig. 2). Najbardziej piaszczyste osady występują na głębokości 167,2–169,3 m i 146,9–153,6 m. Wszystkie frakcje uziarnienia (od <0,005 do 10 mm) występują w glinie lodowcowej pokrywającej osady zbiornikowe. Obliczono medianę Md , czyli przeciętną wielkość ziaren w osadzie. Jest ona największa w piaskach, w wymienionych wyżej przedziałach głębokości. Obliczono parametry statystyczne wg Folka i Warda (1957) w skali ϕ . Wartości mediany Mz w tej skali są najmniejsze (przedział wartości ϕ 1,70–2,97), co wskazuje na środowisko wysokoenergetyczne osadzania się piasków (Racinowski i in., 2001). Osady mułkowe w tym profilu były akumulowane w środowisku niskoenergetycznym. Na podstawie otrzymanych wyników odchylenia standardowego (δ_i), osady jeziorne i rzeczne z profilu Sucha Wieś można określić jako słabo wysortowane, miejscami średnio wysortowane (przedział wartości ϕ 0,82–1,78) (*op. cit.*). Mułki zastoiskowe leżące poniżej głębokości 169,3 m są słabo wysortowane (wartość ϕ 1,93 i 1,78). Również glina zwałowa charakteryzuje się bardzo słabym wysortowaniem (wartość ϕ 2,66). Skośność (Sk_i) osadów jest bardzo zróżnicowana, od rzadko ujemnie skośnego rozkładu uziarnienia, przez symetryczny i dodatnio skośny, po bardzo dodatnio skośny rozkład. Obliczono także spłaszczenie (K_G) rozkładu uziarnienia, czyli kurtozę. Jest ono również bardzo zróżnicowane. Spłaszczenie bardzo platykurtyczne występuje tylko w osadach na głębokości 170,0–172,0 i około 155 m; jest jednorodny ziarnowo, czyli tworzył się bez dopływu materiału allochtonicznego. Spłaszczenie mezokurtyczne i leptokurtyczne jest powszechniejsze

w osadach tego profilu i świadczy o dostawie do zbiornika materiału allochtonicznego. Spłaszczenie bardzo leptokurtyczne występuje na głębokości 165,0–169,3; 161,0–162,0 i 149,0 m, przeważnie w osadach piaszczystych, w których występuje głównie materiał pochodzenia allochtonicznego.

Badania granulometryczne wykonano także dla 30 próbek osadów z profilu Czarnucha (fig. 3). Najbardziej piaszczyste osady leżą na głębokości 126,1–129,0 i 112,6–103,6 m. Przeciętna wielkość ziaren, czyli Md , jest w nich największa. Obliczono parametry statystyczne według Folka i Warda (1957) w skali ϕ . Wartości mediany Mz są tu najmniejsze (przedział wartości ϕ 2,69–4,01) i wskazują na średnioenergetyczne środowisko osadzania się piasków (Racinowski i in., 2001). Obliczone współczynniki wysortowania osadów (δ_i) wskazują na przeważnie słabe wysortowanie tych osadów (przedział wartości ϕ 1,02–1,78), lokalnie na głębokości około 123 m – wysortowanie średnie (wartość 0,95) (*op. cit.*). Skośność (Sk_i) osadów, podobnie jak w profilu Sucha Wieś, jest bardzo zróżnicowana. Układ uziarnienia w profilu Czarnucha jest rzadko ujemnie skośny, częściej symetryczny, dodatnio i bardzo dodatnio skośny. Obliczono także kurtozę, czyli spłaszczenie (K_G) rozkładu uziarnienia. Jest ona także bardzo zróżnicowana. Spłaszczenie bardzo platykurtyczne i platykurtyczne występuje w osadach na głębokości 98,0–101,0 m, około 102,5 m i 116,0–122,0 m, czyli tam, gdzie mułki ilaste i piaszczyste były akumulowane bez domieszki materiału allochtonicznego. Spłaszczenie bardzo leptokurtyczne charakteryzuje osady na głębokościach 104,5–112,6 m, około 123 i 126,1–129,0 m, w osadach piaszczystych o przewadze materiału allochtonicznego, co

może świadczyć o zubożeniu szaty roślinnej i ochłodzeniu klimatu. Pozostałe rodzaje spłaszczenia – mezokurtyczne i leptokurtyczne – występujące w osadach na głębokości około 96, 97, 104, i 122 m, charakteryzują mułki piaszczyste i mułki z domieszką piasków. Występuje w nich domieszka materiału allochtonicznego.

Skład mineralny został określony dla 6 próbek z profilu Sucha Wieś (Czerwonka, Krzyszkowski, 1995) i 5 próbek z profilu Czarnucha (Marcinkowski, w: Gronkowska-Krystek, 2000). Największa ilość amfiboli występuje w dolnej – prawdopodobnie jeszcze zastoiskowej (na głęb. 169,3–176,5 m) i w górnej części osadów z Suchej Wsi oraz w górnej części starszej serii zbiornikowej z Czarnuchy. Największa ilość piroksenów – w dolnej, zastoiskowej części osadów z Suchej Wsi.

Duża ilość minerałów świadczy o dopływie materiału allochtonicznego niesionego przez wody płynące od top-

niejącego bądź nasuwającego się lądolodu. W osadach, głównie mułowcowych, występuje duża ilość minerałów blaszkowych – biotyty (do ponad 90% w profilu Sucha Wieś) i chlorytów, co świadczy o spokojnej sedymentacji zbiornikowej. Podwyższona zawartość granatów zaznacza się w osadach piaszczystych, w których zwiększona jest również ilość minerałów bardzo odpornych na niszczenie: cyrkonu, dystenu, staurolitu i korundu. W części stropowej profilu Sucha Wieś i w interglacialnej części spągowej profilu Czarnucha zaznacza się domieszka glaukonitu. Może ona świadczyć o dopływie wód roztopowych transportujących materiał zawierający glaukonit pochodzący z wyerodowanych utworów podłoża osadów czwartorzędowych lub z osadów plejstocenijskich z dużą zawartością tego minerału na wtórnym złożu.

SKŁAD CHEMICZNY

Dla profilu Sucha Wieś obliczono wskaźniki chemiczne (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO) dla 11 próbek osadów z głębokości 153,6–171,0 m (fig. 2). W osadach dominuje krzemionka w ilości 46–72%. Maksimum zawartości SiO_2 i maksimum zawartość Al_2O_3 występuje na głębokości 159,0–162,0 m w mułkach ze śladami fauny. W niżej i wyżej występujących (głównie mułkowych) osadach zawartość SiO_2 maleje, a Al_2O_3 rośnie ku spągowi i stropowi tych osadów. Wskazuje to na wzrost zawartości krzemionki i zmniejszenie zawartości glinokrzemianów ku środkowi profilu i tendencji odwrotnej w dół i w górę profilu. Taki układ zawartości krzemionki i glinki sugeruje dostawę do jeziora materiału głównie zawieszinowego. Materiał ten – prawie wyłącznie krzemionka – był dostarczany przez dojrzałą, meandrującą rzekę w czasie akumulacji środkowej części osadów jeziornych. Nieco niżej w profilu, na głębokości 157,0 m Fe_2O_3 występuje w najmniejszej ilości (2,71%). W czasie sedymentacji opisanych z tej głębokości osadów, dostawa materiału allochtonicznego była minimalna, co wskazuje na istnienie w tym czasie zwartej szaty roślinnej. W dolnej części profilu zawartość Fe_2O_3 jest największa, co sugeruje znacznie chłodniejsze warunki klimatyczne. Zawartość CaO jest największa (ponad 13%) na głębokości 155,0 m w mułkach zawierających dużą ilością skorupki mięczaków.

Dla 8 próbek osadów wykonano pełną analizę chemiczną. Potwierdziła ona występowanie największej ilości SiO_2 na głębokości 160,0–162,0 m (ponad 80%) i podobnie wysoką zawartość w piaskach rzecznych na głębokości 150,0 m. Najmniejsza ilość Fe_2O_3 (ok. 1%) stwierdzono na głębokości 161,0–162,0 m. Analiza składu mikroelementów pozwoliła wykazać najwyższą zawartość Cr i V na głębokości 150,0, 154,0 i 165,0 m, czyli tam, gdzie osady są najsilniej biogeniczne. Najwyższa zawartość Ga i podwyższona Be występuje na głębokości 164,4 i 165,1 m

w mułkach i gytii oraz na głębokości 154,0 i 156,7 m w mułkach. Duża ilość galu i berylu wskazuje na wyłącznie jeziorne warunki sedymentacji. Na głębokości 154,0 m największe zawartości osiągają metale: Co, Cu, Ni, Pb, Zn i Rb. Osad jest opisany jako utwór pylasto-piaszczysty z fauną. Być może wysoka zawartość tych pierwiastków jest śladem krótkotrwałego dopływu materiału allochtonicznego z lądu, gdzie były rozmywane wcześniej złożone osady, albo jest wskaźnikiem bardzo bujnego rozwoju roślin i mięczaków w obrębie zbiornika. Wysoka zawartość boru w gytii, w ilości 64 mg/kg na głębokości 165,1 m, może sugerować ewentualnie wpływy morskie w tej części profilu Sucha Wieś.

Dla profilu osadów z Czarnuchy wskaźniki chemiczne obliczono dla 7 próbek (fig. 3). Podobnie jak w profilu Sucha Wieś w osadach profilu Czarnucha dominuje krzemionka (49–89%). Maksimum zawartości SiO_2 i minimum Al_2O_3 występuje na głębokości około 107 m, w osadach piaszczystych prawdopodobnie pochodzenia rzecznoego, a duża ilość SiO_2 jest charakterystyczna również dla niżej leżących mułków ilastych. Tendencje spadku zawartości SiO_2 i wzrostu zawartości Al_2O_3 są podobne jak w osadach z profilu Sucha Wieś. Na głębokości 107,25 m zawartość Fe_2O_3 jest najmniejsza (1,34%). Największa zawartość CaO (ponad 15%) występuje w mułkach ilastych z dużym nagromadzeniem skorupki mięczaków.

Dla 12 próbek osadów wykonano pełną analizę chemiczną. Wykazała ona, że największa ilość SiO_2 występuje w mułkach piaszczystych, na głębokości 122,0–124,0 m i około 104 m. Największa ilość Al_2O_3 znajduje w mułkach ilastych na głębokości około 113,0–115,0 m. Najmniejsza ilość Fe_2O_3 (2%) występuje na głębokości 99,0 m w osadach młodszej serii zbiornikowej. Osady o największej biogeniczności na głębokości 112,6–116,0 m wykazują największą zawartość Cr i V. Otrzymany skład mikroelementów wskazuje również, że najwyższa zawartość galu występuje na głębo-

kości około 104 m i 112,6–119,6 m. W czasie tworzenia się osadów opisanych z tych głębokości profilu panowały wyłącznie jeziorne warunki sedymentacji. Na głębokości 112,6–119,6 m, w mułkach ilastych z nagromadzeniem sub-

stancji roślinnej, w największych ilościach występują: Co, Cu, Ni, Pb, Zn i Rb. Wysoka zawartość tych pierwiastków jest prawdopodobnie wskaźnikiem bardzo bujnego rozwoju roślinności.

PODSUMOWANIE

Z przedstawionych przez autora badań wynika, że zmiany środowisk sedymentacji zapisane w osadach z profili Sucha Wieś i Czarnucha były zbliżone do siebie. Najstarsza część osadów z profilu Sucha Wieś, z głębokości 169,3–178,0 m (16,8–25,5 m p.p.m.) i z profilu Czarnucha z głębokości 129,0–134,5 m (4,5–10,0 m p.p.m.), to osady wodnolodowcowe i zastoiskowe. Na podstawie badań osadów mułkowych z profilu Sucha Wieś można wnioskować o dużej w nich zawartości allochtonicznego węgla wapnia i braku węgla organicznego. Mułki zastoiskowe są słabo wysortowane, zawierają głównie allochtoniczną krzemionkę, największą ilość amfiboli i piroksenów. Bardzo platykurtyczny rozkład uziarnienia wskazuje (badane 2 spagowe próbki), że okresowo tworzyły się one bez dopływu materiału allochtonicznego (?pod lodem pokrywającym zbiornik). Nieuwidocznione na diagramie pyłkowym wyniki badań palinologicznych najstarszych osadów międzymorenowych z Suchej Wsi (m.in. ogromna przewaga sporomorf redeponowanych) pozwoliły również wnioskować o panowaniu zimnego klimatu (Janczyk-Kopikowa, 2009).

Wyżej, nad opisywanymi osadami leżą piaski rzeczne, przechodzące w profilu Czarnucha w mułki piaszczyste „chłodnego” jeziora. W profilu Sucha Wieś występują one na głębokości 167,2–169,5 m (14,7–16,8 m p.p.m.), a w profilu Czarnucha na głębokości 119,6–129,0 m (4,5–4,9 m n.p.m.). Być może są to osady deltowe.

Osady piaszczyste to piaski drobnoziarniste składane w środowisku wysokoenergetycznym w Suchej Wsi i średnioenergetycznym w Czarnusze. Osady te powstawały jeszcze w chłodnym klimacie, w którym roślinność stopniowo opanowywała brzegi zbiornika. W tym czasie do jeziora był dostarczany osad pochodzenia allochtonicznego, m.in. węgiel wapnia i glaukonit. W czasie sedymentacji młodszej części tych osadów miały miejsce okresowe przerwy w dopływie materiału allochtonicznego, o czym świadczy bardzo platykurtyczny rozkład uziarnienia tych osadów. Miały miejsce okresowe przeistaczanie się jeziora w torfowisko, a maksymalna zawartość węgla organicznego przekracza w poszczególnych warstwach torfu 60%. Zawartość glinokrzemianów (we wskaźnikach chemicznych suma zawartości głównie SiO_2 i Al_2O_3) w osadach mineralnych jest stosunkowo wysoka, co potwierdza allochtoniczne pochodzenie osadu o krótkim transporcie rzeczny. W osadach tych, występuje też duża zawartość amfiboli. Wyniki badań palinologicznych dla profilu Sucha Wieś wskazują na panowanie roślinności typu borealnego (Janczyk-Kopikowa, 2009). Wyniki takich badań, dla wyżej wymienionej głębo-

kości z profilu Czarnucha, przedstawiają obraz zmian klimatycznych od zbiorowisk tundrowych do leśnych zbiorowisk borealnych (por. Winter, 2009).

Środkowe części profili tworzą wyłącznie jeziorne osady występujące w Suchej Wsi na głębokości 153,6–167,2 m (1,1–14,7 m p.p.m.), a w profilu Czarnucha na głębokości 112,6–119,6 m (4,9–11,9 m n.p.m.). Są to głównie mułki ilaste z nagromadzeniami skorupki mięczaków, lokalnie z przewarstwieniami piaszczystymi, warstwą gytii (w profilu Sucha Wieś) i nagromadzeniem substancji roślinnej, w tym z cienkimi warstwami torfu. Mułki były akumulowane w środowisku niskoenergetycznym. Wapnistość osadu jest zmienna szczególnie w profilu Sucha Wieś, a w profilu Czarnucha wysoka w dolnej części i niska w górnej. Węgiel wapnia pochodzi tu ze skorupki mięczaków, a jego zawartość spada przeważnie do zera w miejscach, gdzie wzrasta ilość węgla organicznego. Świadczy to o zmianach alkalicznych warunków sedymentacji w kwaśne i odwrotnie, a więc o zmianach wysokości wartości pH środowiska i jego potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (Eh). W osadach tych dostawa materiału allochtonicznego była bardzo mała, głównie w postaci krzemionki z dalekiego, rzeczno-transportu. Sedymentacja tych osadów przebiegała dość spokojnie, o czym świadczy duże nagromadzenie blaszkowego biotytu. Osady te wykazują największą biogeniczność, o czym może świadczyć lokalne nagromadzenie metali w sedymentacji. Są prawie wyłącznie osadami jeziornymi akumulowanymi w ciepłym klimacie. Wyniki badań palinologicznych z profilu Sucha Wieś, z wyżej wymienionych głębokości, wskazują na panowanie klimatu umiarkowanego do umiarkowanie ciepłego, z nawrotami do klimatu borealnego w dolnej części (Janczyk-Kopikowa, 2009), a w profilu Czarnucha na dominujące lasy liściaste z nawrotami do tajgi w części dolnej i górnej (Winter, 2009).

Górna część osadów występująca w profilu Sucha Wieś na głębokości 146,9–153,6 m (1,1–5,6 m n.p.m.), a w profilu Czarnucha na głębokości 102,4–112,6 m (11,9–22,1 m n.p.m.), to głównie piaski rzeczne z nagromadzeniem substancji roślinnej, lokalnie (w profilu Sucha Wieś) z nagromadzeniem glaukonitu. Są to głównie piaski drobnoziarniste, składane w środowisku przeważnie wysokoenergetycznym. W profilu Czarnucha na głębokości powyżej 105,7 m osady te przechodzą w piaski i mułki jeziorne z warstwą dy i przewarstwieniem torfu. W osadach tych ponownie wzrasta ilość glinokrzemianów (we wskaźnikach chemicznych suma zawartości głównie SiO_2 i Al_2O_3) i amfiboli, co świadczy o dostawie materiału allochtonicznego, a więc rozluźnieniu sza-

ty roślinnej i o transporcie rzeczny. Występujący tu w małych ilościach węglan wapnia jest też pochodzenia allochtonicznego.

W profilu Czarnucha, w osadach jeziornych leżących bezpośrednio pod cienką gliną lodowcową wzrasta ilość węgla organicznego i allochtonicznego węglanu wapnia. Wyniki palinologiczne górnej części profilu Sucha Wieś wykazują obecność noszącego ślady transportu materiału pyłkowego, reprezentującego klimat borealny (Janczyk-Kopikowa, 2009). W profilu Czarnucha na wyżej wymienionej głębokości, opisano materiał pyłkowy, który wskazuje na panowanie głównie borealnych lasów iglastych (Winter, 2009).

Osady zbiornikowe z profilu Czarnucha, z głębokości 93,4–101,0 m, są utworami „chłodnego” jeziora. Reprezentują je mułki piaszczyste, rzadziej ilaste z przewarstwieniami piasków bardzo drobnoziarnistych z laminami substancji

roślinnej, lokalnie ze skorupkami mięczaków. Charakteryzują się jednolitym uziarnieniem w części dolnej (platykurtyczny rozkład uziarnienia) i zmiennym uziarnieniem w części górnej. Sedymentacja osadów części dolnej przebiegała bez dostawy materiału allochtonicznego, części górnej – przy udziale tego materiału. Świadczy o tym duża zawartość amfiboli i piroksenów, naniesionych do zbiornika przez wody roztopowe nasuwającego się lądolodu, bądź które dostały się do tego zbiornika przez spływ powierzchniowy w czasie istnienia niezbyt gęstej szaty roślinnej i panowania dość chłodnego klimatu. Wysoka zawartość węglanu wapnia jest spowodowana jego allochtonicznym pochodzeniem, a zawartość węgla organicznego jest niska. Na podstawie wyników badań palinologicznych wykonanych dla tego odcinka profilu Czarnucha, stwierdzono zmienność szaty roślinnej charakterystycznej dla pogranicza tundry i tajgi, miejscami o charakterze interstadialnym (por. Winter, 2009).

LITERATURA

- BER A., 2009 — Litologia i sytuacja geologiczna osadów interglacjału augustowskiego z profili Sucha Wieś (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **345**: 3–22.
- CZERWONKA J.A., KRZYSZKOWSKI D., 1995 — Badania litostratygraficzne dla Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Augustów i Wieliczki. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- FOLK R.L., WARD W.C., 1957 — Brazors river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, **27**, 1.
- GRONKOWSKA-KRYSTEK B., 2000 — Badania petrograficzno-litologiczne osadów czwartorzędowych. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Sztabin (186). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JANCZYK-KOPIKOWA Z., 2009 — Analiza pyłkowa międzymorenowych osadów z profilu Sucha Wieś (Pojezierze Elckie). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **435**: 37–46.
- LISICKI S., 2002 — Badania chemiczne. W: Stratygrafia dolnego plejstocenu Polski NE na podstawie badań interglacialnych osadów jeziornych z profili: Sucha Wieś i Czarnucha (Równina Augustowska) w nawiązaniu do obszarów Rosji, Litwy i Białorusi (red. A. Ber i in.). Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NITYCHORUK J., 2009 — Zapis izotopów tlenu i węgla w kopalnych osadach jeziornych stanowisk Sucha Wieś (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska), północno-wschodnia Polska. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **435**: 75–84.
- RACINOWSKI R., SZCZYPEK T., WACH J., 2001 — Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych. Skrypty UŚL, **359**. Wyd. UŚL., Katowice.
- WINTER H., 2009 — Sukcesja pyłkowa z profilu Czarnucha (Równina Augustowska) i jej znaczenie dla stratygrafii dolnego plejstocenu północno-wschodniej Polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **435**: 109–120.

SUMMARY

The following analyses were carried out on deposits from the Sucha Wieś and Czarnucha sections: CaCO₃ content, organic carbon content, chemical composition, granulometry and mineral composition.

The highest CaCO₃ content is observed in both the section in lake muds with abundance of mollusc shells, indicating alkaline conditions. Low CaCO₃ content found out in other lacustrine and fluvial deposits suggests its allochthonous origin and an acidic sedimentary environment.

The highest organic carbon content is observed in peaty deposits, indicating sedimentation in eutrophic environments (with local dystrophic conditions – sedimentation dy

in the Czarnucha section). Low organic carbon content suggests oligotrophic sedimentary conditions. The results of granulometric analysis (the median and statistical parameters according to Folk and Ward (1957), calculated using the *Phi* scale) and mineralogical studies indicate the prevailing allochthonous origin of fluvial deposits and partly of lacustrine sediments. It also suggests a high-energy environment of fluvial deposition.

The chemical parameters enabled identification of an increasing SiO₂/Al₂O₃ ratio trend towards the middle parts in both of the sections. This ratio trend suggests a transport of mainly suspended material into the lake by a meandering in-

terglacial river during deposition of the middle sequence of the lacustrine deposits. The full chemical analysis shows that highly biogenic deposits contain the greatest amounts of chemical elements such as Cr, V, Ga, B, Co, Cu, Ni, Pb, Zn and Rb.

Changes in sedimentary environments reveal a sedimentary cycle similar in both of the sections. During the first stage, glaciofluvial and ice-dam lake deposits were deposited under a cold climate. The subsequent sedimentation occurred in a “cool” lake and in a delta under a boreal climate.

The lake was periodically turning into a peat bog. During the Augustovian Interglacial climatic optimum, lacustrine deposits containing the greatest amount of mollusc shells were deposited in a temperate or moderately warm climate (compare to Janczyk-Kopikowa, 2009; Winter, 2009). In the next stage, during a cooling of the climate (boreal climate), the lake turned into a flow-through lake. Its evolution was terminated with a “cool” lake period mainly with sedimentation in a boreal climate showing elements of an arctic climate (compare to Winter, 2009).