

PIOTR KULESZA, KRYSZYNA BAŁAGA

Rekonstrukcja zmian paleośrodowiskowych w rejonie jeziora Syczyńskiego na podstawie analiz paleoekologicznych

Reconstruction of palaeoenvironmental changes in the area of Lake Syczyńskie on the basis of palaeoecological analyses

Słowa kluczowe: zmiany paleośrodowiskowe, analiza palinologiczna, małżoraczki (Ostracoda), Jezioro Syczyńskie

Key words: palaeoenvironmental changes, palynological analysis, Ostracoda, Syczyńskie Lake

WSTĘP

Funkcjonowanie jeziora, tworzącego wraz ze zlewnią dynamiczny układ ekologiczny, polega na przepływie energii i krążeniu materii w całym układzie. Kierunki i intensywność obiegu kształtowane są przez warunki klimatyczne, cechy morfometryczne samego zbiornika, cechy fizycznogeograficzne zlewni i szereg zależnych od trzech pierwszych czynników procesów wewnątrzjeziornych (Jepesen i in. 2003). Metody badań związane z identyfikacją nierozłożonych fragmentów organizmów roślinnych i zwierzęcych w osadach jeziornych dają możliwość rekonstrukcji składu gatunkowego flory i fauny funkcjonującej w danym horyzoncie czasowym w przeszłości. Zestawienia ilościowe i jakościowe oznaczonych fragmentów organizmów są podstawą interpretacji warunków siedliskowych, w której wykorzystuje się wiedzę o ekologii danego gatunku. Pośród metod paleobiologicznych, obok najpowszechniej stosowanej w badaniach paleośrodowiskowych analizy palinologicznej, makroszczątków roślinnych, malakologicznej i innych organizmów wskaźnikowych (Chironomidae, Cladocera, Coleoptera, Diatomae), prowadzone są badania subfosylnych zgrupowań małżoraczek (Ostracoda). Są one skorupiakami niewielkich rozmiarów (najczęściej rzędu 0,5–1,5 mm), zasiedlającymi niemal wszystkie środowiska wód, zarówno

słodkich, zasolonych, jak i słonych (Cohen i Morin 1990; Holmes i Chivas 2002). Małżoraczki charakteryzuje, przynajmniej w przypadku części gatunków, stosunkowo wąski zakres preferencji siedliskowych (Carbonel i in. 1988), co stwarza potencjalne możliwości wykorzystania ich jako organizmy wskaźnikowe, zarówno w monitorowaniu współczesnego stanu wód (Roca i in. 2000; Kulköylüoğlu 2004), jak i wskaźniki w analizach paleośrodowiskowych (Carbonel i in. 1988).

Celem pracy była rekonstrukcja zmian warunków środowiska przyrodniczego w rejonie Jeziora Syczyńskiego na podstawie składu gatunkowego subfosylnych zgrupowań małżoraczek, analiz palinologicznych i fizyko-chemicznych.

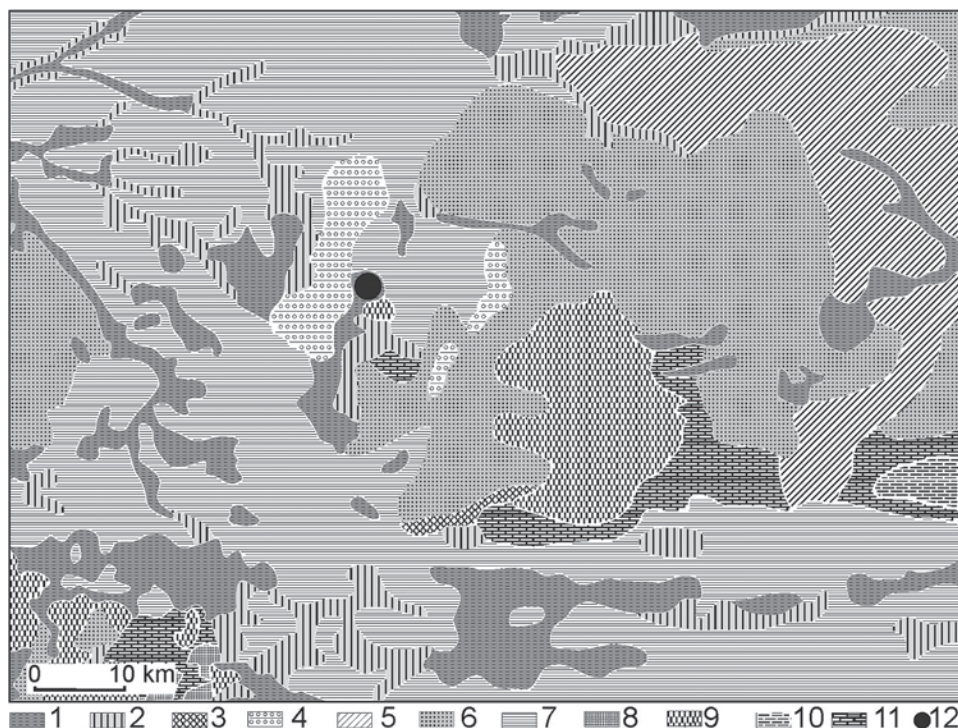
OBIEKT BADAŃ

Jezioro Syczyńskie położone jest w strefie przejściowej między regionami północnej części Wyżyny Lubelskiej i pasa niżu (Ryc. 1). Znajduje się na wysokości 179,6 m n.p.m. w strefie granicznej między obszarem Pagórów Chełmskich (subregion wyżynny) i Obniżenia Dorohuckiego (subregion nizin). Podłoże skalne obszaru budują skały wieku górnej kredy wykształcone jako margle i kreda pisząca mastrychtu górnego (Rzechowski 1997).



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań według Chałubińskiej i Wilgata (1954)

Fig. 1. Localization of the study area according to Chałubińska i Wilgat (1954)



Ryc. 2. Szkic geologiczny rejonu Jeziora Syczyńskiego (na podstawie: Rzechowski 1997)

1 – torfy (holocen), 2 – namuły (holocen), 3 – piaski i gliny deluwialne, 4 – piaski, mułki i żwiry kemów (plejstocen), 5 – piaski, żwiry i głazy lodowcowe (plejstocen), 6 – piaski i żwiry wodnolodowcowe (plejstocen), 7 – mułki, mułki piaszczyste i piaski jeziorne (plejstocen), 8 – mułki i mułki piaszczyste jeziorne (plejstocen), 9 – glina zwałowa (plejstocen), 10 – opoki (paleogen), 11 – kreda pizająca (kreda górna), 12 – jezioro Syczyńskie

Fig. 2. Geological sketch of the Lake Syczyńskie neighbourhood (based on: Rzechowski 1997)

1 – peats (Holocene), 2 – muds (Holocene), 3 – sands and deluvial clays, 4 – sands, muds and gravels of kames (Pleistocene), 5 – sands, gravels and glacial boulders (Pleistocene), 6 – fluvio-glacial sands and gravels (Pleistocene), 7 – muds, sandy muds, and lacustrine sands (Pleistocene), 8 – lacustrine muds and sandy muds (Pleistocene), 9 – boulder clay (Pleistocene), 10 – opokas (Paleogene), 11 – chalk (upper Cretaceous), 12 – Lake Syczyńskie

Rozległa, wschodnia część zlewni, obejmuje wyniesione obszary podłoża podczwartorzędowego, na których występują powierzchnie piasków i żwirów wodnolodowcowych oraz glin zwałowych, budujących równiny morenowe (Ryc. 2). Otaczają one izolowane powierzchnie piasków, mułków i żwirów kemowych. Ich kulminacją przebiega dział wodny zlewni i jednocześnie regionalny dział wodny między dorzecziami Wieprza i Bugu. Ku zachodowi rozciągają się długie stoki wysoczyzny morenowej, przechodzące w powierzchnie równin jeziornych, budowane przez mułki, mułki piaszczyste i piaski jeziorne z okresu

złodowceń środkowopolskich (saalian). Równiny jeziorne w kierunku południowym przechodzą w obszar wąskiego pasa równiny torfowej, otaczającej jezioro i wydłużającej się w kierunku południowym. Towarzyszy jej po zachodniej stronie jeziora, również południkowo zorientowane wzniesienie pagórka kemowego, zbudowanego z piasków, mułków i żwirów (Rzechowski 1997). Jego kulminacją przebiega zachodnia granica zlewni.

Jezioro Syczyńskie ma współcześnie powierzchnię 5,65 ha, co stanowi zaledwie około 3% ogólnej powierzchni jego zlewni. Głębokość maksymalna osiąga 3 m, a objętość wód zbiornika wynosi zaledwie około 95 000 m³ (Ferencz i Dawidek 2012). Współczesne czynniki kształtujące stopień żyzności wód Jeziora Syczyńskiego badane były przez Kornijowa i Pęczułę (2005). Badania uwzględniały wielkość dostawy nutrientów z obszaru zlewni (w oparciu o rozmieszczenie rodzajów gleb i sposobów wykorzystania gospodarczego powierzchni zlewni) oraz dostawy atmosferycznej. Określono szereg parametrów charakteryzujących stan troficzny wód jeziornych (pH, przezroczystość, przewodność elektryczną, zawiesinę całkowitą, koncentrację całkowitego azotu i fosforu, koncentrację Ca, Mg, K i Na). Wskaźniki te pozwoliły stwierdzić, że współczesne jezioro charakteryzuje (przynajmniej okresowo) stan hipertrofii (Kornijów, Pęczuła 2005). Dawidek i in. (2009) wskazują, że oprócz intensywnego wykorzystania rolniczego zlewni jeziornej, bliskiej zabudowy wiejskiej w otoczeniu jeziora, na stan troficzny ma wpływ szczególnie charakter budowy geologicznej zlewni jeziornej, kształtujący warunki obiegu wody (podłoże górnokredowe z nadkładem osadów czwartorzędowych o zmiennej miąższości oraz obecność wychodni skał przedczwartorzędowych). Ponadto istotnym czynnikiem jest zróżnicowanie morfologiczne zlewni wpływające na rytm zjawisk fluwialnych. Położenie jeziora w strefie podnóża wyniesionych obszarów Pagórów Chełmskich zapewnia stałą dostawę wody podziemnej, dzięki której, przy niewielkiej pojemności współczesnej misy jeziornej następuje stosunkowo szybka wymiana wód (0,13 roku), zaś jej główną składową jest składowa pozioma (Ferencz, Dawidek 2012).

MATERIAŁ I METODY

Analiza małżoraczków

Pobrane do analiz małżoraczków próbki osadów reprezentują pięciocentymetrowe odcinki rdzenia o łącznej miąższości 11,5 m (od 15,65 do 4,15 m głębokości). Rdzeń osadów pobrany został z centralnej, najgłębszej współcześnie strefy zbiornika. Do analiz pobrano z każdego pięciocentymetrowego odcinka rdzenia próbki osadu o objętości 5 cm³ tak, aby każda próbka zawierała pięciocentymetrowy przedział głębokości. Pobrane próbki pozostawione były w wodzie destylowanej do całkowitego rozmoczenia. Rozmoczone próbki osadów przemywane były na sitach analitycznych o średnicy oczek 125 μm, a wysuszona w temperaturze

pokojoyej pozostałość poddawana była analizie pod mikroskopem stereoskopowym, w której wyselekcjonowano skorupki i pancerzyki małżoraczków. Uzyskany materiał był następnie klasyfikowany pod kątem przynależności gatunkowej na podstawie cech ich budowy. Materiał do identyfikacji gatunków przemywany był pod mikroskopem wodą destylowaną. Po identyfikacji skorupki określona została ich liczebność według każdego gatunku. Wyniki zestawione zostały w postaci diagramu wykonanego w programie PANGEA/PanPlot. Z pobranych 230 próbek, 94 zawierały subfosylne skorupki Ostracoda.

Analiza palinologiczna

Analizy palinologiczne zostały wykonane zgodnie z przyjętą metodyką (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa 1986) dla odcinka rdzenia z głębokości 15,80-4,0 m z różną częstotliwością, łącznie 40 próbek. Pobrany materiał o objętości 1 cm³ macerowany był według standardowej metody acetolizy Erdtmanna, po usunięciu węglanów z zastosowaniem 10% roztworu kwasu solnego (HCl) i substancji mineralnej z zastosowaniem 40% fluorowodoru (HF). Podstawową sumą określania udziałów procentowych była suma pyłku drzew i krzewów (AP) oraz suma roślin zielnych (NAP) z wyłączeniem pyłku roślinności wodnej, błotnej i spor Pteridophyta i Bryophyta, a także kolonii glonów *Pediastrum*. Wyniki analiz palinologicznych zestawione zostały w postaci diagramu pyłkowego skonstruowanego z zastosowaniem programu POLPAL (Nalepka, Walanus 2003).

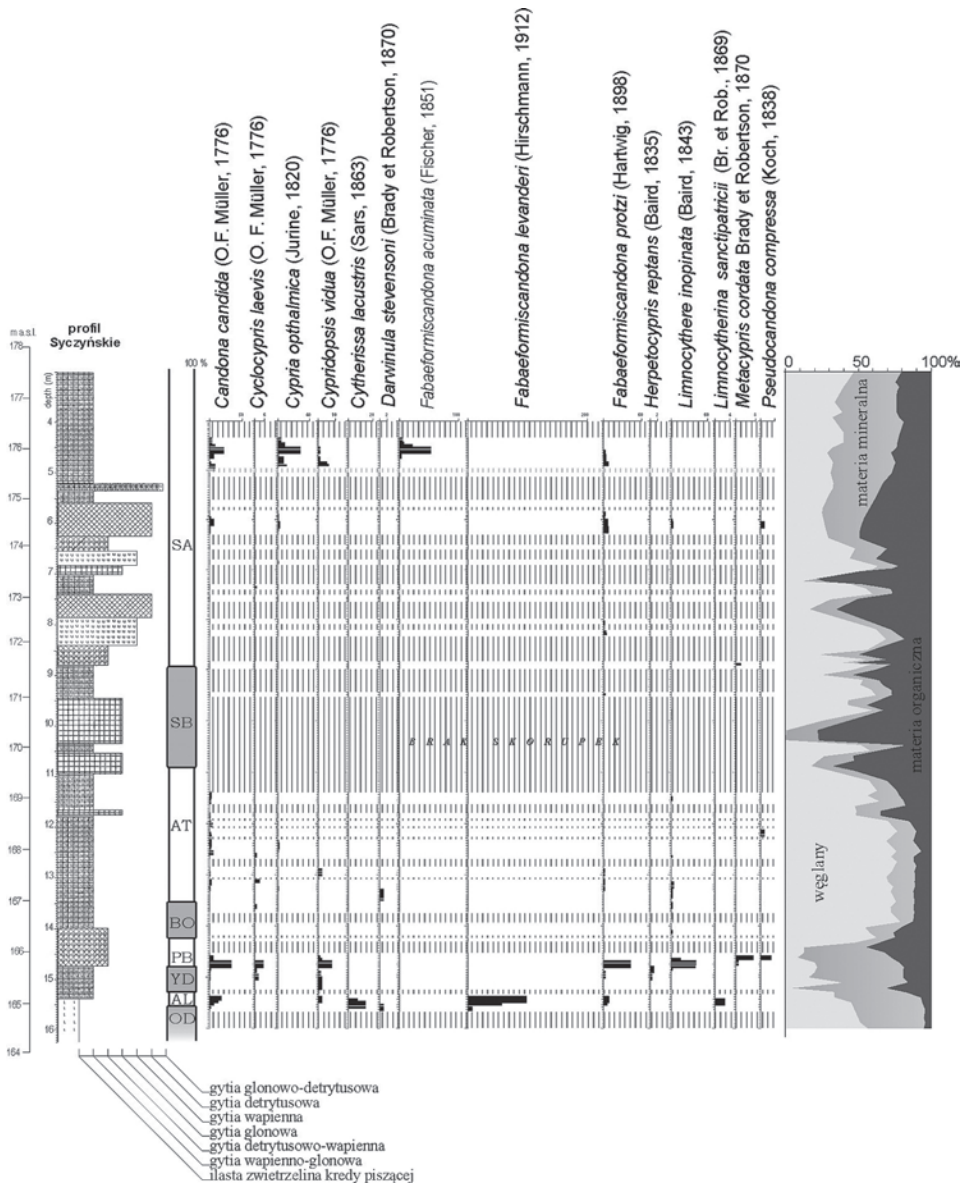
ANALIZY FIZYKOCHEMICZNE

Analizy udziału procentowego materii organicznej i węglanu wapnia wykonane zostały podstawowymi metodami. Zawartość węglanów określono przez wyburzenie kwasem solnym w aparacie Scheiblera. Zawartość materii organicznej określona została metodą strat prażenia w temperaturze 550°C.

Wyniki analiz Ostracoda

W profilu wyselekcjonowano łącznie 998 skorupki subfosylnych należących do 14 gatunków. Względna ciągłość występowania skorupki subfosylnych ze zróżnicowaniem gatunkowym rzędu 4–5 gatunków, charakteryzowała jedynie spągową część profilu (od głębokości 15,65 do 15,40 m i 15,25 do 14,60 m). Pozostałe partie profilu charakteryzowały się różnej miąższości poziomami pozbawionymi skorupki subfosylnych (Ryc. 3).

W przedziale głębokości 15,65–15,55 m subfosylne zespoły małżoraczków tworzyły *Candona candida*, *Fabaeformiscandona levanderi*, *Darwinula stevensoni* oraz w górnej części tego przedziału *Cytherissa lacustris*. Z wymienionych największą liczebność wykazywały *Fabaeformiscandona levanderi*. W kolejnej warstwie (15,55–15,45 m głębokości), oprócz występujących dotychczas, stwier-



Ryc. 3. Diagram Ostracoda z wynikami analiz zawartości węglanów i materii organicznej w osadach Jeziora Syczyńskiego

Fig. 3. Ostracoda diagram with the results of organic matter and calcium carbonate content in the Lake Syczyńskie sediments

dzono obecność gatunku *Limnocytherina sancipatricii*, *Fabaeformiscandona protzi* i *Cypridopsis vidua*. Od głębokości 15,45 m liczba gatunków i liczebność całkowita subfosylnych skorupki wyraźnie spadała aż do całkowitego braku fosyliów w przedziale głębokości 15,40–15,25 m.

W kolejnym poziomie osadów (do 15,05 m głębokości) występowały skorupki *Cypridopsis vidua* i nieliczne *Candona candida*. Znacznie większe zróżnicowanie gatunkowe stwierdzono w przedziale głębokości 15,05–14,80 m, gdzie osady zawierały fosylia *Cyclocypris laevis* i *Cypridopsis vidua*, *Herpetocypris reptans*, *Fabaeformiscandona protzi* oraz *Limnocythere inopinata*. Charakterystycznym elementem tego etapu była niska liczebność skorupki (na poziomie kilku w 5 cm³ osadów).

Od głębokości 14,80 m zaznaczył się w osadach znaczny wzrost liczby skorupki i pancerzyków małżoraczków. Największa liczebność dotyczyła *Candona candida*, *Cypridopsis vidua*, *Fabaeformiscandona protzi* oraz *Limnocythere inopinata*, który to gatunek występował w populacji rozdzielnościowej. Akcesorycznie pojawił się *Herpetocypris reptans* i *Pseudocandona compressa*. Istotnym elementem składu gatunkowego subfosylnych zespołów fauny w tym przedziale głębokości profilu jest obecność skorupki *Metacypris cordata*.

W następnym poziomie osadów (z głębokości 14,60–14,55 m) zespoły fauny tworzyły *Candona candida*, *Cypridopsis vidua* oraz osiągające największe liczebności w tym etapie *Metacypris cordata* i *Pseudocandona compressa*.

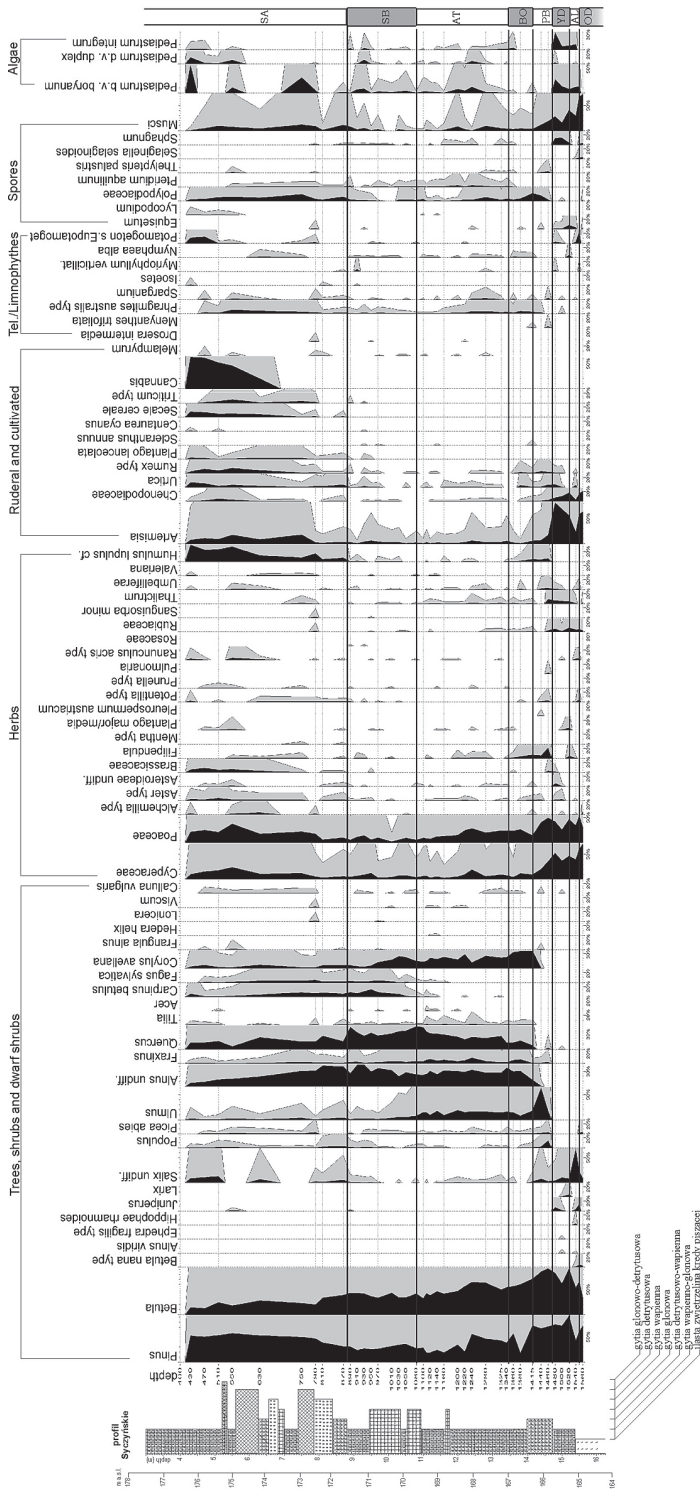
W kolejnym poziomie osadów (do głębokości 14,35 m) stwierdzono brak skorupki Ostracoda, a tylko nieliczne skorupki *Candona candida* i *Cypridopsis vidua* występowały w poziomie 14,35–14,30 m.

W osadach od 14,30 do 13,95 m głębokości występowały pojedyncze skorupki, najczęściej *Limnocythere inopinata*, która nadal tworzyła populacje rozdzielnościowe. Podobne cechy miały zespoły subfosylne w poziomie 13,70 do 13,45 m. Obok *L. inopinata* pojawiał się w tym czasie jedynie *Cyclocypris laevis*.

Od 13,45 do 11,40 m głębokości charakterystycznym elementem były coraz częstsze fazy zaniku małżoraczków. W pierwszej połowie tego odcinka występowały nieliczne *Candona candida*, *Fabaeformiscandona protzi*, *Limnocythere inopinata*, *Cyclocypris laevis*. Największą liczebność osiągały *Darwinula stevensoni*. Pojawiały się również *Cypria ophthalmica*.

Druga połowa charakteryzowanego etapu wyróżniała się znacznym zubożeniem składu gatunkowego. Zespoły małżoraczków tworzyły tylko *Candona candida*, *Cypria ophthalmica* i *Pseudocandona compressa*.

W przedziale głębokości 11,40–10,50 m, zaznaczył się całkowity brak skorupki fosylnej w osadach. Powyżej tego poziomu, do głębokości 6,30 m, tylko 5–10 centymetrowe warstwy osadów zawierały skorupki subfosylne, należące do gatunku *Candona candida* i *Fabaeformiscandona protzi*.



Ryc. 4. Diagram palinologiczny osadów Jeziora Syczyńskiego
 Fig. 4. Palynological diagram of the Lake Syczyńskie sediments

W górnej części profilu, od 6,25 do 5,55 m i 5,15 do 4,30 m głębokości wyróżniono dwa odcinki względnej ciągłości występowania skorupki małżoraczków. W obu występowały *Candona candida*, *Cypria ophthalmica* i *Fabaeformiscandona protzi*. W pierwszej pojawiały się ponadto *Pseudocandona compressa* i *Limnocythere inopinata*, w drugiej – młodszej *Fabaeformiscandona acuminata* i *Cyclocypris laevis*.

Wyniki analiz palinologicznych

Opracowanie palinologiczne profilu z Jeziora Syczyńskiego (Ryc. 4) pozwoliło na odniesienie kolejnych warstw osadów do okresów od późnego glacjału po początkową fazę okresu subatlantyckiego.

Najniższe spektrum pyłkowe obrazuje okres panowania roślinności zielnej, który można odnieść do starszego dryasu. Po tym okresie nastąpiła faza rozwoju borealnych lasów brzoźowo-sosnowych wskazująca na ocieplenie allerödu, które w następnym etapie uległy znacznemu rozrzedzeniu i ograniczeniu na rzecz rozprzestrzenienia zbiorowisk krzewiastych wierzb, jałowca i roślin zielnych z licznymi heliofitami. Zmiany te można łączyć z warunkami panującymi w młodszy dryasie. W kolejnej fazie zmian pokrywy roślinnej w otoczeniu Jeziora Syczyńskiego wzrastają wartości procentowe *Betula*, spada udział NAP, *Salix* undiff. i *Juniperus communis*. Ze zbiorowisk zanikają liczniej uprzednio występujące bylice i inne heliofity, rozprzestrzeniają się lasy brzożowe. Charakteryzowane zmiany wyznaczają schyłek późnego glacjału i początek preboreału. Pojawienie się ciągłej krzywej *Ulmus* i szybki wzrost jej wartości wskazuje na formowanie się lasów sosnowo-brzożowych z domieszką wiązu. Wkrótce po uformowaniu się ciągłej krzywej *Ulmus*, pojawia się także krzywa *Corylus* oraz krzywa *Fraxinus*. Przebudowa drzewostanów zdominowanych przez brzożę i sosnę z domieszką wiązu, a nieco później olszy i jesionu była charakterystycznym elementem zmian szaty roślinnej obszaru dla okresu preborealnego.

Wyraźnie rysujący się spadek udziału sosny na rzecz dębu, wiązu, a przede wszystkim wzrost udziału leszczyny można uznać za przekształcenia związane z warunkami okresu borealnego.

W okresie atlantyckim dominująca frekwencja pyłku *Ulmus*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Tilia* oraz spadek udziału pyłku roślin zielnych wskazują na maksymalne rozprzestrzenienie się zbiorowisk leśnych i wyraźne ograniczenie występowania terenów otwartych.

Spadek udziału pyłku wiązu, jesionu i lipy wyznaczają początek okresu subborealnego. Następuje przebudowa lasów związana z migracją nowych gatunków graba i buka. W starszej części tego okresu znaczną rolę odgrywa jeszcze leszczyna, młodsza charakteryzuje się wyższą frekwencją wskaźników antropogenicznych. Kolejny etap rozwoju szaty roślinnej w tym okresie wiąże się z wzra-

stającym udziałem roślinności zielnej, w tym szczególnie roślin związanych z siedliskami ruderalnymi oraz uprawnymi i przynależy do okresu subatlantyckiego. W zbiorowiskach leśnych dominowały *Pinus*, *Betula*, *Quercus* oraz *Alnus*.

Wyniki analiz fizyko-chemicznych

Wyniki analiz zawartości węglanu wapnia i materii organicznej w osadach Jeziora Syczyńskiego (Ryc. 3) pozwalają zauważyć generalną tendencję spadku zawartości węglanów od starszego dryasu aż do środkowej części okresu preborealnego (od około 60 w spągu profilu do kilkunastu procent w okresie preborealnym), wysoki ich udział w okresach borealnym i atlantyckim (do 70–80%) oraz znaczne wahania w okresach subborealnym i subatlantyckim z względną stabilizacją w drugiej połowie okresu subatlantyckiego na poziomie rzędu 40–50%. W przypadku materii organicznej charakterystyczny jest skokowy wzrost jej zawartości w środkowej części allerödu (do 20%) i okresu preborealnego (do około 60%), stosunkowo niski udział w okresie atlantyckim (25–30%) i bardzo intensywne zmiany w okresach subborealnym oraz starszej części okresu subatlantyckiego. Z analiz wynika również znaczny udział materii mineralnej w późnym glacie (40–65%) i młodszej części okresu subatlantyckiego (20–45%).

Rekonstrukcja zmian paleośrodowiskowych

Jak wynika z analiz palinologicznych (Ryc. 4), powstanie Jeziora Syczyńskiego nastąpiło w okresie późnego glaciału, u schyłku starszego dryasu. Z analiz subfosylnych małżoraczek wynika, że powstające jezioro miało charakter zimnego, oligotroficznego zbiornika, który u schyłku starszego dryasu i na początku allerödu charakteryzowała znaczna, jak na warunki regionu, głębokość (rzędu kilkunastu metrów). Wskazuje na to występowanie charakterystycznych dla głębokich jezior gatunków jak *Cytherissa lacustris*, który dotychczas nie został zidentyfikowany w żadnym z badanych zbiorników w obszarze Pagórów Chełmskich (Kulesza i in. 2011, Dobrowolski i in. 2015) oraz *Fabaeformiscandona lewanderi*. *Cytherissa lacustris* występuje w sublitoralu i profundalu głębokich, zimnych jezior. Najczęściej pojawia się na głębokościach 12 do 40 m w jeziorach oligo- do mezotroficznych (Meisch 2000) i jest gatunkiem oligotermofilnym (Hiller 1972). *Fabaeformiscandona lewanderi* zaś jest formą występującą od jesieni do wiosny w obszarach, gdzie średnie temperatury lipca wynoszą od 16 do 19° C, średnie stycznia wahają się od -6 do 0°C (Horne 2007).

Kolejny gatunek wchodzący w skład zgrupowań subfosylnych analizowanego okresu to *Limnocytherina sanctipatricii*. Występuje w trwałych zbiornikach wodnych o niskim poziomie trofii (Scharf 1981), w szerokim przedziale głębokości od płytkiego litoralu do głębokości rzędu 200 m (Löffler 1969). Współcześnie występuje w obszarach o średnich temperaturach powietrza w lipcu od 5 do

21 °C, w styczniu od -12 do 5°C (Horne 2007). Z dotychczasowych badań wynika, że jego występowanie wskazuje pośrednio na spadek żyzności wód, a bezpośrednio na wzrost zawartości tlenu w głębokich strefach jezior na kontakcie wody i osadów (Geiger 1993, Danielopol i in. 1990). Gatunek ten uznaje się za zimnostenotermiczny (Graf 1938).

W połowie okresu allerödskiego nastąpił zanik *Cytherissa lacustris* w zespołach fosylnych Jeziora Syczyńskiego (Ryc. 3). W końcowym etapie zlodowacenia i na początku holocenu *C. lacustris* zanikła w wielu jeziorach alpejskich (Danielopol i in. 1990). Związane jest to z faktem, iż jeziora w tym okresie wraz ze zmianą warunków klimatycznych zmieniały swój charakter na meromiktyczny. Powstanie stratyfikacji wód w zbiornikach jeziornych oznaczało dla występujących na znacznych głębokościach organizmów pozostawanie pod wpływem warunków ograniczonej zawartości rozpuszczonego tlenu. Występowanie *C. lacustris* ograniczone jest wartością 3 mgO₂/l (Geiger 1993). Wraz z *C. lacustris* w badanym zbiorniku zanikły również *Fabaeformiscandona levanderi* i *Limnocytherina sanctipatrici*. Są to formy ściśle związane z wodami o niskiej trofii, dlatego ich zanik można wiązać z wyraźną zmianą warunków troficznych, co potwierdza także wzrost frekwencji kosmopolitycznego gatunku *Pediastrum boryanum* w spektrum palinologicznym. Trudno przyjąć że zmiany te miały w schyłkowej fazie zlodowacenia tak duże nasilenie, by spowodować zaobserwowany, całkowity zanik fauny, łącznie z gatunkiem *Candona candida* charakteryzującym się szeroką tolerancją ekologiczną. Można przypuszczać, że na proces zmiany charakteru zbiornika na meromiktyczny nałożyły się tu zjawiska związane z zaniemnoletniej zmarzliny. Ocieplenie klimatyczne, powodujące przynajmniej częściowe uruchomienie krążenia wód podziemnych spowodowało dostawę do zbiornika substancji rozpuszczonych z obszaru zlewni również za pośrednictwem zasilania podziemnego. Biorąc pod uwagę współczesne warunki funkcjonowania jeziora, można przypuszczać, że zjawiska te miały charakter gwałtowny, a na intensywność procesów dostawy materii z obszaru zlewni wskazuje szybki i znaczny wzrost udziału materii mineralnej w osadach. Z analizy warunków ekologicznych współczesnych gatunków małżoraczków wynika z jednej strony, że mają one znaczne zdolności do przystosowania się do różnorodnych cech siedliskowych, z drugiej zaś, że są bardzo wrażliwe na zmiany zachodzące w krótkim czasie i z dużym nasileniem. Ciepły okres allerödu w tym obszarze, wiązał się z ograniczeniem wielkości opadów lub ze wzrostem strat na ewapotranspirację, co przyjmowane jest jako przyczyna obniżenia poziomu wód jeziornych w drugiej części allerödu (Jezioro Słone – Kulesza i in. 2011, Jezioro Czerepacha – Dobrowolski 2006). W przypadku badanego jeziora brak jest jednoznacznych wskaźników wyraźnego spadku głębokości wody, również w wynikach analiz subfosylnych *Cladocera* (Suchora 2012). Obecność glonów *Pediastrum* wskazuje na utrzymywanie się znacznej głębokości wody w tym okresie. Wyniki analiz

geochemicznych, szczególnie wyraźny wzrost udziału materii organicznej w osadach w środkowej części allerödu świadczy o intensywnym rozwoju roślinności w zbiorniku. Jednocześnie nadal wysoki udział materii mineralnej, wskazuje na intensywne procesy denudacji w obszarze zlewni (uwolnienie podłoża od złodowacenia podziemnego).

Przejście do nowych warunków funkcjonowania jeziora o wyższym stopniu żyzności potwierdza pojawienie się gatunków *Cypridopsis vidua* i *Cyclocypris laevis*, preferujących strefę litoralną z intensywnym rozwojem roślinności wodnej. Gatunek *Cypridopsis vidua*, współcześnie rozprzestrzeniony w różnorodnych zbiornikach wodnych, preferuje siedliska z silnie rozwijającą się roślinnością wodną, charakteryzowany jest jako jeden z niewielu gatunków małżoraczków aktywnie i bardzo sprawnie pływających (Mbahinzireki i in. 1991). Jest jednocześnie gatunkiem wrażliwym na warunki tlenowe, najliczniej występuje w wodach dobrze natlenionych, powyżej 5 mg O₂/l i najczęściej występuje jako forma letnia (Meisch 2000). Obszary jego występowania charakteryzują się średnimi temperaturami lipca od 13 do 26°C, stycznia od -8 do 16°C (Horne 2007). Drugi z występujących w opisywanym okresie gatunków *Cyclocypris laevis*, charakteryzowany jest jako gatunek o szerokiej tolerancji ekologicznej (Meisch 2000). Występuje w obszarach o średnich temperaturach lipca od 8 do 21°C i stycznia od -14 do 5°C (Horne 2007).

Z okresem młodszego dryasu związany jest etap zubożenia składu gatunkowego fauny, a na uwagę zasługuje obecność w subfosylnych zespołach zimnotermicznej *Fabaeformiscandona protzi*. Można na tej podstawie wnioskować o obniżeniu wartości średnich temperatur, chociaż w świetle składu gatunkowego rozwijających się zespołów małżoraczków uwaga ta odnosi się szczególnie do okresów zimowych, gdyż nowe pokolenia tego gatunku pojawiają się zimą (Hiller 1972). *F. protzi* występuje w obszarach, gdzie średnie temperatury lipca wynoszą od 13 do 20°C, stycznia do -8 do 3°C (Horne 2007). Zasiadła ona płytkie strefy litoralu po profundal włącznie (Meisch 2000). Rozwój w tym czasie *F. protzi* można uznać także za oznakę obniżenia trofii wód jeziornych, gdyż gatunek ten wykazuje zdolność rekolonizacji zbiorników wodnych przy spadku żyzności wód (Meisch 2000). Rozwojowi gatunków litoralnych, jak *Herpetocypris reptans* sprzyjał rozwój roślinności wodnej (*Nymphaea alba*, *Potamogeton* s. *Eupotamogeton*). *H. reptans* najczęściej występuje w strefie litoralnej, rozwija się w okresach letnich i preferuje obecność roślinności wodnej (Hiller 1972, Meisch 2000). Obszary jego występowania charakteryzują się średnimi temperaturami lipca od 13 do 24°C i średnimi temperaturami stycznia od -8 do 13°C (Horne 2007).

Pojawienie się *Metacypris cordata* (Ryc. 3) w strukturze gatunkowej subfosylnych zespołów małżoraczków identyfikowane jest z początkiem holocenckiego etapu funkcjonowania zbiorników wodnych (Meisch 2000). Jego obecność

pokrywa się z palinologicznie wyznaczonym początkiem okresu preborealnego. Współcześnie *M. cordata* występuje w obszarach, gdzie średnie temperatury lipca osiągają wartości od 14 do 24°C, stycznia od -7 do 7°C (Horne 2007). Gatunek ten jest charakterystyczny dla okresów interglacjalnych, co związane jest z jego preferencjami siedliskowymi (Absolon 1973). Odzwierciedlają one przejście zbiorników jeziornych w stan podwyższonej trofii charakterystycznej dla funkcjonowania jezior w warunkach ciepłego klimatu interglacjalnego (Meisch 2000).

Oprócz osiągających największe liczebności *Metacypris cordata*, z początkiem ocieplenia klimatycznego okresu preborealnego nastąpił rozwój *Candona candida*, *Cypridopsis vidua*, *Limnocythere inopinata* i *Pseudocandona compressa* (Ryc. 3). Taki skład gatunkowy pozwala stwierdzić zasadniczą przebudowę warunków siedliskowych, na tyle intensywną, że podobnie jak w początkach allerödu, po krótkiej fazie rozwoju fauny następuje całkowity zanik małżoraczków. Faza zaniku małżoraczków jest zdecydowanie dłuższa niż w okresie allerödu. Zanik fauny odpowiada młodszej fazie okresu preborealnego. Dopiero pod koniec okresu pojawiły się nieliczne *Candona candida* i *Cypridopsis vidua*.

Charakter zespołów w starszej, a także i schyłkowej fazie okresu preborealnego wskazywałyby na silne zarastanie zbiornika prawdopodobnie związane ze spadkiem głębokości wody. Mógł on być efektem wzrostu intensywności ewapotranspiracji, a także wynikiem trwających przez cały okres preborealny systematycznego wypłykania i zarastania zbiornika. Szczególne nasilenie procesów denudacyjnych, zarówno powierzchniowych, jak i denudacji chemicznej w okresie preborealnym, można prawdopodobnie odnieść do ostatecznego zaniku wieloletniej zmarzliny w tym obszarze (Dobrowolski 2006). Intensywne procesy akumulacji i rozwój roślinności wodnej związanej z ociepleniem klimatycznym wyraża również zmiana charakteru osadów z gytii wapienno-glonowej na detrytusowo-wapienną. Wyniki analiz geochemicznych pokazują zdecydowany wzrost udziału materii mineralnej. Jej zawartość osiągnęła maksymalne wartości u schyłku okresu preborealnego (Ryc. 3). Spadek głębokości wody dokumentuje ponadto całkowity zanik glonów *Pediastrum* oraz rozwój zbiorowisk trzcinyowych (Ryc. 4)

Okres borealny odpowiada fazie ograniczonego rozwoju małżoraczków. Pojawiały się nieliczne skorupki *Limnocythere inopinata* (tworzącego populacje rozdzielнопłciowe). U schyłku okresu, obok *L. inopinata* pojawiał się jedynie *Cyclocypris laevis*. Oba gatunki współcześnie preferujące płytkie wody litoralu wskazują na niewielką głębokość i intensywny rozwój roślinności wodnej. *Limnocythere inopinata* zasiedla strefy od płytkiego litoralu po profundal jezior włącznie (Sywula 1977). Współcześnie występuje w obszarach, w których średnie temperatury lipca wynoszą od 12 do 25°C, stycznia od -12 do 11°C (Horne

2007). Charakteryzowany jest jako gatunek o szerokiej tolerancji środowiskowej, najchętniej zasiedlający płytkie strefy otwartych, ale spokojnych wód z dużym udziałem materii organicznej w osadach (Jungwirth 1979). *L. inopinata* występuje zarówno w wodach silnie alkalicznych, jak i o niskim pH (Löffler 1959). Nowe pokolenia pojawiają się wiosną i zanikają lub zmniejszają wyraźnie swoją liczebność jesienią (Nüchterlein 1969). W zespołach subfosylnych Jeziora Syczyńskiego charakterystyczne jest występowanie nielicznych skorupek osobników męskich (36:5, 12:4). Współczesne zgrupowania zazwyczaj składają się jedynie z osobników żeńskich (Meisch 2000). Populacje rozdzielnopłciowe notowane są jedynie w nielicznych przypadkach, m.in. we współczesnej faunie jezior północno-wschodniej Polski czy zespołach subfosylnych w Jeziorze Neusiedlersee w Austrii. Według badań Löffler (1990) populacje rozdzielnopłciowe mogą się pojawiać w warunkach silnej alkaliczności wód jeziornych. Warunki podłoża skał węglanowych w przypadku Jeziora Syczyńskiego pozwalają wnioskować, że przy udziale zasilania podziemnego zbiornika, występowanie populacji z nielicznymi pojawiającymi się osobnikami męskimi jest wskaźnikiem intensywnej denudacji chemicznej obszaru zlewni jeziornej, powodującej wzrost alkaliczności wód. Wyniki analiz geochemicznych osadów dla tego okresu wskazują znaczny spadek udziału materii mineralnej w osadach oraz obniżenie zawartości materii organicznej na rzecz zdecydowanego wzrostu zawartości węgla wapnia. Na utrzymywanie się, podobnie jak w poprzednim okresie, względnie małej głębokości wody wskazuje brak *Pediastrum* oraz ciągłość rozwoju zbiorowisk trzcinowych (Ryc. 4).

Okres atlantycki charakteryzował się coraz częstszymi fazami zaniku małżoraczków. W pierwszej jego połowie skład gatunkowy fauny można odnieść do warunków rozwoju szerokiej strefy litoralnej z bogatą roślinnością. Wskazuje na to względnie duży udział *Darwinula stevensoni*. Gatunek ten występuje współcześnie w obszarach o średnich temperaturach powietrza w lipcu od 12 do 30°C, w grudniu od -10 do 11°C (Horne 2007). Najliczniejsze populacje tworzy do głębokości rzędu 6 m, a zwłaszcza przed czołem pasa roślinności makrofitycznej wokół brzegów jeziora na głębokości 1,5 m (Ranta 1979). Występowanie *Candona candida*, *Limnocythere inopinata* i *Cyclocypris laevis* również świadczy o dobrze wykształconej strefie litalu. Zanik *Fabaeformiscandona protzi* w młodszej części okresu, znaczne zubożenie składu gatunkowego, coraz częstsze i dłuższe okresy zaniku fauny wskazują, jak się wydaje, na zmianę warunków troficznych. Potwierdza to również występowanie gatunku *Cypria ophthalmica*, która jako jeden z bardzo nielicznych znosi warunki silnego zanieczyszczenia organicznego wód (Meisch 2000). *C. ophthalmica* występuje w obszarach o średnich temperaturach lipca od 6 do 27°C, grudnia od -8 do 14°C (Horne 2007). Wyniki analiz geochemicznych wskazują, że w ciągu całego okresu atlantyckiego w zbiorniku

następowała depozycja osadów, w których zawartość węglanów osiągała 70 do 80%. Charakterystyczna jest względnie stała wartość wskaźników geochemicznych dla niemal całego tego okresu. Jedynie w schyłkowej fazie widoczny jest skokowy wzrost udziału materii organicznej, któremu odpowiada faza zaniku małżoraczków i spadku udziału glonów *Pediastrum*, wskazujący na zmniejszenie się głębokości wody.

W okresie subborealnym nastąpił niemal całkowity zanik fauny (Ryc. 3). Wyniki analiz geochemicznych wskazują na intensywny wzrost udziału materii organicznej, którego maksimum lokuje się w starszej części okresu. Zmiana właściwości osadów wskazuje na wysokie tempo sedymentacji organicznej. Można przypuszczać, że zmiany te wpłynęły na kształtowanie się warunków tlenowych w wodach jeziornych. Spadek zawartości rozpuszczonego tlenu w strefie kontaktu wody jeziornej i osadów spowodował ograniczenie występowania małżoraczków. Jeszcze bardziej zależność ta odzwierciedla się w okresie subatlantyckim, w którym tylko w nielicznych 5–10 cm przedziałach głębokości pojawiały się skorupki subfosylne. Przedziały te według analiz geochemicznych odpowiadały fazom wyraźnego obniżenia udziału materii organicznej, każda z kolei faza zaniku małżoraczków zbiega się z wyraźnym, najczęściej skokowym jej wzrostem.

W dalszej części okresu subatlantyckiego w dwu odcinkach względnej ciągłości występowania fauny pojawiały się *Candona candida*, *Cypria ophthalmica* i *Fabaeformiscandona protzi*. W pierwszej występowały ponadto *Pseudocandona compressa* i *Limnocythere inopinata*. W młodszej fazie *Pseudocandona compressa* i *Limnocythere inopinata* zostały zastąpione przez *Fabaeformiscandona acuminata* i *Cyclocypris laevis* (Ryc. 3). Wyraźną dominację wykazały *Cypria ophthalmica* i *Fabaeformiscandona acuminata*. Wzrost liczebności dwu ostatnich wymienionych gatunków może wskazywać na etap silnego oddziaływania antropogenicznego, na który wskazuje ponadto spadek udziału materii organicznej i węglanów na rzecz wzrostu udziału materii mineralnej. Zmiany te można wiązać z nasileniem wykorzystania rolniczego obszaru zlewni, wykazanym przez pyłkowe wskaźniki antropogeniczne (Ryc. 4).

PODSUMOWANIE

Zmiany paleośrodowiskowe rejestrowane w osadach Jeziora Syczyńskiego wpisują się w dotychczas określony schemat przekształceń warunków przyrodniczych późnego glacjału i holocenu dla obszarów północnego przedpola Wyżyny Lubelskiej. W okresie vistulianu badany obszar pozostawał w warunkach peryglacialnych, z obecną w podłożu wieloletnią zmarzliną. Wyniki dotychczasowych badań paleogeograficznych wykazują, że zmiany klimatu, szczególnie warunków termicznych na przełomie późnego glacjału i holocenu były bardzo dy-

namiczne. Średnie roczne temperatury powietrza w Europie Środkowej wzrosły o ok. 12–15°C (Wasylikowa 1964; Maruszczak 1974; Klimanov 1984, 1997; Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998; Velichko i in. 2002). Na analizowanym obszarze na dużą skalę w tym czasie następował rozwój wklęsłych form rzeźby o kolistym lub owalnym kształcie, zróżnicowanej wielkości i głębokości. Powstawały one w wyniku postępującej pod wpływem zmian termicznych degradacji zmarzliny i zasadniczej reorganizacji krążenia wód podziemnych, aż do całkowitego odblokowania pionowej ich cyrkulacji (Dobrowolski 2006). Formy te najczęściej wypełniały się wodą i funkcjonowały jako jeziora w dalszym – holocenijskim etapie ich rozwoju.

Jak wynika z przeprowadzonych badań, Jezioro Syczyńskie jako jedno z niewielu jezior w tym obszarze charakteryzowało się w fazie późnoglacialnej stale utrzymującą się znaczną głębokością wody. Prawdopodobnie sytuacja ta wynika z położenia zbiornika u podnóża wyniesionych obszarów Pagórów Chełmskich będących obszarami alimentacyjnymi dla jeziora. Współcześnie o znacznej roli zasilania podziemnego świadczy duża zawartość jonów Ca^{2+} i HCO_3^- – w wodach jeziora (Dawidek i inni 2009). Można sądzić, że w okresie późnoglacialnym dzięki odblokowaniu krążenia wód podziemnych podczas degradacji wieloletniej zmarzliny, zasilanie wodami podziemnymi mogło mieć decydujące znaczenie w kształtowaniu głębokości wody w zbiorniku, niejako niwelując wpływ zmian klimatycznych. Mimo tych lokalnych uwarunkowań wyraźnie czytelne są zmiany warunków przyrodniczych zarówno w zmianach struktury subfosylnych zespołów małżoraczków, jak i zbiorowisk roślinnych. Przebudowa struktury gatunkowej małżoraczków od zespołów zimnostenotermicznych, charakterystycznych dla oligotroficznycy zbiorników o znacznej głębokości do zespołów mezotermofilnych i politermofilnych, charakterystycznych dla zbiorników o względnie wyższej trofii – bardzo dobrze koreluje się z przebudową zbiorowisk roślinnych czytelną w zmianach charakteru spektrów pyłkowych, w których następuje wzrost wartości procentowych *Betula*, spadek udziału NAP, *Salix undiff.* i *Juniperus communis*, zanik bylic i innych heliofitów.

W ogólnym obrazie rekonstruowanych zmian wyniki analiz subfosylnych małżoraczków w osadach Jeziora Syczyńskiego wskazują na ścisłą korelację faz rozwoju fauny ze zmiennością udziału materii organicznej. Fazy wyraźnego wzrostu jej udziału odpowiadają fazom zaniku fauny, jak w przypadku okresu alleródzkiego, preborealnego, schyłkowej części atlantyckiego, całego subborealnego oraz licznych faz w okresie subatlantyckim.

W okresie późnoglacialnym i najmłodszej fazie okresu subatlantyckiego uwiadcza się dodatkowo korelacja faz zaniku fauny ze wzrostem udziału substancji mineralnej w osadach. Można je wiązać z intensyfikacją dostawy do zbiornika materiału pochodzącego z denudacji zlewni jeziornej. W okresie późnoglacial-

nym czynnikiem wzmagającym te procesy był zanik wieloletniej zmarzliny i brak zwartej pokrywy roślinnej w obszarze zlewni, w okresie subatlantyckim zaś, działalność gospodarza człowieka.

Prace były realizowane i finansowane w ramach zadań badawczych Wydziału Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS w Lublinie (Czwartorzędowe zmiany warunków środowiskowych w Polsce SE na podstawie badań fasylnych *Ostracoda*).

LITERATURA

- Absolon A., 1973. *Ostracoden aus einigen Profilen spat- und postglazialer Karbonatablagerungen in Mitteleuropa*. Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Palaontologie und historische Geologie 13 (1), 47–94.
- Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M., 1986. *Pollen analysis and pollen diagrams*, [w:] B.E. Berglund, M. Ralska-Jasiewiczowa (red.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester–Toronto, pp. 455–484.
- Carbonel P., Colin J-P., Danielopol D. L., Löffler H., Neustrueva I., 1988. *Paleoecology of limnic ostracodes: a review of some major topics*. Paleogeogr. Paleoclimatol. Palaeoecol., 62, 413–461
- Chałubińska A., Wilgat T., 1954. *Podział fizjograficzny województwa lubelskiego*. Przewodnik V Zjazdu PTG, Lublin, 3–44.
- Cohen A.C., Morin J.G., 1990. *Patterns of reproduction in ostracodes: A review*. J. Crust. Biol. 10, 184–211.
- Danielopol D.L., Olteanu R., Löffler H., Carbonel P., 1990. *Present and past geographical ecological distribution of Cytherissa lacustris (Ostracoda, Cytheridae)*. [w:] Danielopol D.L., Carbonel P., Colin J.P., (red.) *Cytherissa (Ostracoda) – The drosophila of paleolimnology*. Bulletin de l'Institut de Geologie du Bassin d'Aquitaine 47–48, 97–118.
- Dawidek J., Pęczuła W., Ferencz B., 2009. *The role of catchment and in-lake processes in shaping trophic conditions of the shallow lake Syczyńskie (Eastern Poland)*. Ecohydrology and Hydrobiology, Vol. 9, No 2–4, 193–200.
- Dobrowolski R., 2006. *Glacialna i peryglacialna transformacja rzeźby krasowej północnego przedpola wyżyn lubelsko-wołyńskich (Polska SE, Ukraina NW)*. Wyd. UMCS, Lublin, 1–84.
- Dobrowolski R., Kulesza P., Łojek J., Pidek I. A., 2015. *Origin and evolution of the Bezdna lake-mire complex in the Lublin area (East Poland): a case study for permafrost lakes on carbonate regions*. J. Paleolimnol. 53, 191–213.
- Ferencz B., Dawidek J., 2012. *Water exchange of three shallow Łęczna-Włodawa Lakes*. Limnological Review 12, 2, 65–72.
- Geiger W., 1993. *Cytherissa lacustris (Ostracoda, Crustacea): Its use in detecting and reconstructing environmental changes at the sediment-water interface*. Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 25, 1102–1107.
- Graf H., 1938. *Beitrag zur Kenntnis der Muschelkrebse des Ostalpengebietes*. Archiv für Hydrobiologie 33, 401–502.
- Hiller D., 1972. *Untersuchungen zur Biologie und zur Ökologie limnischer Ostracoden aus der Umgebung von Hamburg*. Archiv für Hydrobiologie, Supplement-Band 40 (4), 400–497.
- Holmes J.A., Chivas A.R., (red.). 2002. *The Ostracoda. Applications in Quaternary research*. American Geophysical Union, Geophys. Monogr. 131, Washington DC, 1–313.

- Horne D.J., 2007. *A Mutual Temperature Range method for Quaternary palaeoclimatic analysis using European nonmarine Ostracoda*. Quaternary Science Reviews 26, 1398–1415.
- Jeppesen E., Jensen J.P., Jensen C., Faafeng B., Hessen D.O., Søndergaard M., Lauridsen T., Bretum P., Christoffersen K., 2003. *The impact of nutrient state and lake depth on top-down control in the pelagic zone of lakes: a study of 466 lakes from the temperate zone to the arctic*. Ecosystems 6 (4), 313–325.
- Jungwirth W., 1979. *Limnocythere inopinata (Baird) (Cytheridae, Ostracoda): Its distribution pattern and relation to the superficial sediments of Neusiedlersee*, [w:] H. Loeffler, (red.) *Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in central Europe*. Monographiae Biologicae 37 (chapter 24), Dr. W. Junk Publishers, The Hague, 385–388.
- Klimanov V.A., 1984. *Palaeoclimatic reconstructions based on the information-statistical method*, [w:] A.A. Velichko (red.), *Late Quaternary Environments of the Soviet Union*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 297–304.
- Klimanov V.A., 1997. *Late Glacial climate in northern Eurasia: the last climatic cycle*. Quaternary Inter. 41/42, 141–152.
- Kornijów R., Pęczuła W., 2005. *Ecosystem of a small and shallow lake suffering from cyanobacterial blooms – hypertrophic, phytoplankton dominated or both?* Verh. Internat. Verein. Limnol. 29, 1015–1019.
- Kulesza P., Suchora M., Pidek I.A., Alexandrowicz W.P., 2011. *The Chronology and directions of Late Glacial paleoenvironmental changes: A multi-proxy study on sediments of Lake Stone (SE Poland)*. Quaternary International 238, 89–106.
- Külköylüoğlu O., 2004. *On the usage of ostracods (Crustacea) as bioindicator species in different aquatic habitats in the Bolu region, Turkey*. Ecol. Ind. 4, 139–147.
- Löffler H., 1959. *Zur Limnologie, Entomostraken- und Rotatorienfauna des Seewinkelgebietes (Burgenland, Österreich)*. Sitz. ber. Österr. Akad. Wiss. math.- nat. Kl. I., 168, 315–362.
- Löffler H., 1969. *Recent and subfossil distribution of Cyterissa lacustris (Ostracoda) in Lake Constance*. Mitt. Internat. Verein. Limnol. 17, 240–251.
- Löffler H., 1990. *Paleolimnology of Neusiedlersee, Austria. I. The succession of Ostracods*. Hydrobiologia 214, 229–238.
- Maruszczak H., 1974. *Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny w czasach prahistorycznych*, [w:] *Dzieje Lubelszczyzny*, t. I, 25–67.
- Mbahinzireki, G., Uiblein F., Winkler H., 1991. *Microhabitat selection of ostracods in relation to predation and food*. Hydrobiologia 222, 115–119.
- Meisch C., 2000. *Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe*, [w:] J. Schwoerbel, P. Zwick (red.), *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*, vol. 8/3, Akademischer Verlag Spektrum, Heidelberg, 1–522.
- Nalepka D., Walanus A., 2003. *Data processing in pollen analysis*. Acta Palaeobotanica 43 (1), 125–134.
- Nüchterlein H., 1969. *Süßwasserostracoden aus Franken. Ein Beitrag zur Systematik und Ökologie der Ostracoden*. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 54 (2), 223–287.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T., Starkel L. 1998. *Lake Gościąg, Central Poland. A monographic study. Part 1*. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 1–340.
- Ranta E., 1979. *Population biology of Darwinula stevensoni (Crustacea, Ostracoda) in an oligotrophic lake*. Annales Zoologici Fennici 16, 28–35.
- Roca J.R., Mezquita F., Rueda J., Camacho A., Miracle M.R., 2000. *Endorheic versus karstic lakes: patterns of ostracod distribution and lake typology in a Mediterranean landscape (Castilla – La Mancha, Spain)*. Mar. Freshwater Res., 51, 311–319.

- Rzechowski J., 1997. *Mapa geologiczna Polski 1 : 200000, ark. Chelm, Horodlo, A – Mapa utworów powierzchniowych*. Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej.
- Scharf B.W., 1981. *Zur rezenten Muschelkrebsfauna der Eifelmaare (Crustacea: Ostracoda)*. Mitteilungen der Pollichia 68, 185–204.
- Suchora M., 2012. *Late-glacial cladoceran succession in three lakes of the Chelm hills region (Łęczna-Włodawa lake group, SE Poland)*. Studia Quaternaria, vol. 29, 9–21.
- Sywula T., 1977. *Ostracoda*. Monogr. Fauny Pol. Kraków 7, 181–203.
- Velichko A.A., Catto N., Drenova A.N., Klimanov V.A., Kremenetski K.V., Nechaev V.P. 2002. *Climate changes in East Europe and Siberia at the Late Glacial – Holocene transition*. Quaternary Inter., 91, 75–99.
- Wasylikowa K., 1964. *Roślinność i klimat późnego glacjału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy*. Biuletyn Perygl., 13, 261–38.

SUMMARY

On the basis of lake sediments studies (palynological, subfossil Ostracoda and geochemical analyses) the main stages of the palaeoenvironmental changes were obtained. Lake Syczyńskie is situated in the Pagóry Chełmskie region. Defined changes of plants, Ostracoda and variability of the main characteristics sediments (content of organic matter and calcium carbonate) showed high compatibility with widely recognised stages of climate change during the Late Glacial and the Holocene. The detailed analysis allowed indicating the main phases of biological development of the lake based on the processes of eutrophication, hydrological changes in the lake catchment and temperature conditions. Determined Ostracoda species in the sediments of Lake Syczyńskie, among other *Cytherissa lacustris*, *Metacypris cordata* and *Fabaeformiscandona protzi* is the basis of concluding about significant changes in the functioning of the lake occurring under the influence of climate changes.