

¹Zakład Geoekologii i Paleogeografii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Al. Kraśnicka 2 cd, 20-718 Lublin, UMCS, jarosz.joa@gmail.com

²Katedra Hydrobiologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Dobrzańskiego 37,
20-262 Lublin, magda.suchora@up.lublin.pl, pirog.ania@gmail.com

JAROSZ JOANNA¹, SUCHORA MAGDALENA², PIROG ANNA²

Wykorzystanie analizy ameb skorupkowych do rekonstrukcji zmian hydrologii stanowiska Płotycze koło Sobiboru

The use of testate amoebae analysis to reconstruct hydrological changes
of Płotycze near Sobibór

Słowa kluczowe: ameby skorupkowe, torf, ekosystem jeziorno-torfowiskowy, paleohydrologia, wpływ człowieka, Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie

Key words: testate amoebae, peat, peat-lake ecosystem, paleohydrology, human impact, Łęczyńsko-Włodawa Lake District

WSTĘP

Rekonstrukcja warunków hydrologicznych torfowisk wysokich stanowi jeden z głównych trzonów rekonstrukcji paleośrodowiskowych, będąc jednym z ważniejszych źródeł informacji na temat zmian klimatycznych (Lamentowicz i in. 2010). Współcześnie rekonstrukcja warunków środowiskowych torfowisk wysokich możliwa jest z wykorzystaniem różnorodnych metod (Lamentowicz i in. 2010; Żurek 2010). Zastosowanie zróżnicowanych analiz, następnie zaś korelacja wyników umożliwia stosunkowo wierne odtworzenie zmian w hydrologii torfowiska. Przykładami są tu liczne prace obejmujące analizę warunków hydrologicznych, zarówno współczesnych, jak i historycznych (m.in. Miller, Futyma. 1987; Booth 2002; Lamentowicz 2007; Charman 2007; Lamentowicz i in. 2008a, b; Lamentowicz i in. 2010; van der Knaap 2011; Väiliranta i in. 2012; Lamarre i in. 2013; Marcisz i in. 2015; Roland i in. 2015; Swindles i in. 2015). W zestawie paleohydrologicznych metod rekonstrukcyjnych na czoło wysuwa się analiza ameb skorupkowych. Te jednokomórkowe, zróżnicowane morfologicznie pierwotniaki zasiedlające różnorodne siedliska hydrogeniczne (przede wszystkim torfowiska

wysokie, ale także niskie i przejściowe oraz jeziora, inne obszary podmokłe) wykazują bowiem wysoką czułość na zmiany wilgotności, co czyni je doskonałymi bioindykatorami (Grospletsch 1990 za Lamentowicz 2007). Populacja ameb skorupkowych reaguje zmianą składu gatunkowego i ogólnej liczebności na wszelkie zmiany środowiska, będąc tym samym rejestratorem zmian poziomu wody, pH, różnych parametrów geochemicznych ekosystemu torfowiskowego. Możliwe jest zatem prowadzenie aktywnego monitoringu zmian środowiskowych w oparciu o analizę żywych współcześnie występujących zespołów ameb skorupkowych (Mieczan 2007; Laggoun-Défarge i in. 2008; Tsyganov i in. 2013; Marcisz i in. 2014a; Mieczan i in. 2015). Ameby skorupkowe stanowią nawet do 30% biomasy wszystkich mikroorganizmów na torfowisku (Lamentowicz, 2010 za Mitchell 2003) oraz pełnią kluczową rolę w pętli mikrobiologicznej torfowisk (Gilbert i in. 1998; Mieczan, Tarkowska-Kukuryk 2013), a więc zmiany w ich populacji umożliwiają uzyskanie dobrych wskaźników wahań poziomu wody i pH (Tolonen 1986 za Lamentowicz 2007). Współcześnie analiza ameb skorupkowych coraz bardziej zyskuje na znaczeniu, stając się przedmiotem licznych opracowań z zakresu rekonstrukcji warunków panujących w obrębie torfowisk wysokich. Prace te są próbą rekonstrukcji ekologii i hydrologii współczesnych obiektów (Mieczan 2007; Mieczan i in. 2015) bądź rekonstrukcji archiwalnych środowisk, z naciskiem na paleohydrologię torfowisk (Booth 2002; Lamentowicz, Mitchell 2005; Lamentowicz 2007; Lamentowicz i in. 2010). Badania ameb skorupkowych w aspekcie wykraczającym poza rekonstrukcje historii torfowisk prowadzone są od ok. 150 lat, głównie w Europie i Ameryce Północnej i odnoszą się również do takich aspektów zmian hydrologicznych, jak np. rekonstrukcja środowisk limnicznych (Booth 2001; Kauppila i in. 2006; Booth i in. 2006) czy zmian poziomu mórz (m.in. Roe i in. 2002; Bobrov i in. 2004; Charman i in. 2010). Badania ściśle odnoszące się do rekonstrukcji zmian środowiskowych w obrębie torfowisk rozwinęły się znacząco na przestrzeni ostatnich 20 lat, kiedy to powstało wiele prac na ten temat (Bobrov i in. 1999; Charman 2001; Lamentowicz i in. 2008a; Lamentowicz i in. 2008b; Laggoun-Défarge i in. 2008; Lamentowicz i in. 2010; Väiliranta i in. 2012; Lamarre i in. 2013; Marcisz i in. 2014b; Marcisz i in. 2015; Swindles i in. 2015).

Dotychczasowe badania kompleksu jeziorno-torfowiskowego Płotycze Sobiborskie dotyczyły geologii podłoża (Superson, Szwajgier 2003; Urban 2009), chemizmu wód (Kolejko 2009a; Sender 2011; Pęczuła 2013a,b; Pęczuła, Banach 2013; Pęczuła, Szczurowska 2013) oraz struktury fitoplanktonu jeziora (Pęczuła, Zykubek 1998; Pęczuła 2007; Czernaś 2009; Pęczuła 2013a,b) zwłaszcza w okresie odciążenia jego odpływu, w wyniku działań bobrów na tym terenie, co przełożyło się bezpośrednio na podniesienie poziomu wód (Pęczuła, Szczurowska 2013), analizy struktury szaty roślinnej w obrębie samego jeziora (roślinność pływająca,

(Sender 2011), jak i w jego otoczeniu (Chmielewski, Urban 2008) a także analizy ichtiofauny jeziora (Kolejko 2009b) i ornitofauny (Grzywaczewski, Nieoczym 2009). Na torfowisku otaczającym jezioro przeprowadzona została również analiza makroszczątków roślinnych (Urban 2009). Prowadzone były także badania o charakterze retrospektywnym, dotyczące zmian stosunków wodnych obiektu w czasach historycznych (Piróg 2013) oraz w czasach współczesnych (Chmielewski; Chmielewski 2009). Dostępne 18-letnie dane monitoringowe dotyczące chemizmu wód i struktury fitoplanktonu, obejmujące zasięgiem czasowym zarówno okres niskich stanów wód (będących wynikiem wyprowadzenia wody poza zlewnię rowem melioracyjnym), jak i okres wysokich stanów wód jeziora (będących wynikiem samorzutnej działalności bobrów w zlewni). Badania, zwłaszcza te obejmujące samo jezioro, wykazały, że ekosystem jeziora Płotycze jest bardzo wrażliwy na działanie czynników allogenicznych, a ingerencja w stosunki wodne obiektu przyczyniła się do wyraźnej reakcji ekosystemu (Pęczuła, Szczurowska 2013). Zwłaszcza działalność człowieka, przejawiająca się budową kanałów melioracyjnych, przyczyniła się do wyraźnej reakcji systemu. Dostępne są 18-letnie dane dotyczące chemizmu wód i fitoplanktonu w okresie od odcięcia odpływu i podniesienia poziomu wód, wykazujące wystąpienie wyraźnej reakcji ekosystemu na zatamowanie odpływu (Pęczuła, Szczurowska 2013). Stwierdzono, że po odcięciu odpływu wód z jeziora nastąpił spadek zawartości fosforu w wodzie, przy jednoczesnym wzroście jego stężenia w osadach, spadek zawartości wapnia w wodzie (w osadach poniżej poziomu wykrywalności) oraz spadek przewodnictwa elektrolitycznego (Pęczuła, Szczurowska 2013; Piróg 2014). Jednocześnie wzrastała intensywność barwy wody (Pęczuła, Szczurowska 2013). Wszystkie powyższe parametry wskazują na postępującą humizację ekosystemu wód jeziora (Pęczuła, Szczurowska 2013; Piróg 2013, 2014).

Ekstremalne spadki poziomu wód w jeziorze, a także zmiany chemizmu jego wód i osadów skłoniły nas do podjęcia analogicznych badań w obrębie przyległego torfowiska. Nie wiadomo bowiem, czy torfowisko otaczające jezioro Płotycze, podobnie jak samo jezioro, reaguje na działanie czynników zewnętrznych, zwłaszcza na antropopresję i czy zmiany te są równie nasilone. Dzięki licznemu występowaniu ameb skorupkowych w osadach torfowych możliwa była analiza zmienności ich populacji i odniesienie tych zmian do danych historycznych oraz wyników badań uzyskanych przez innych autorów (Pęczuła, Szczurowska 2013; Chmielewski, Urban 2008). Istotne znaczenie w podjęciu badań paleohydrologicznych na torfowisku Płotycze ma fakt, iż ekosystem ten znajduje się w sieci obszarów chronionych Europejska Sieć Natura 2000. Wydzielony jest on ponadto wraz z całym otoczeniem Lasów Sobiborskich jako Specjalne Obszary Ochrony (SOO). Zaplanowane więc analizy interdyscyplinarne, których pierwszym etapem są wyniki prezentowane w niniejszym artykule, mają na celu lepsze poznanie

i określenie zmian zachodzących w ekosystemie i mają zarazem przyczynić się w przyszłości do jego lepszej ochrony. Podjęte badania są równocześnie pionierskim rozpoznaniem zespołów kopalnych ameb skorupkowych na torfowiskach Polesia Lubelskiego.

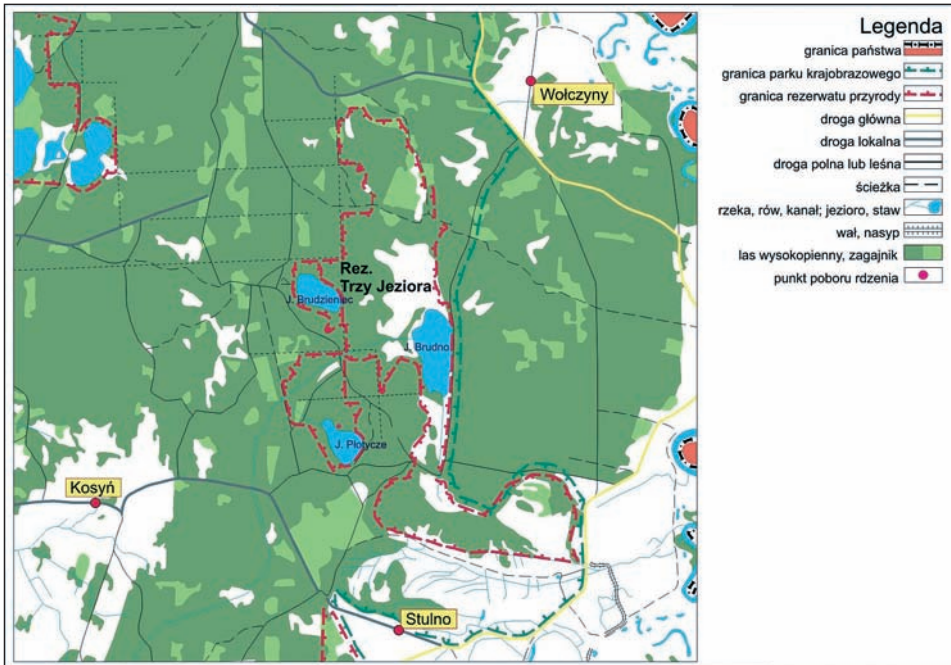
OBSZAR BADAŃ

Jeziro Płotycze Sobiborskie jest to niezbyt głębokie (głębokość max. 8,05 m) o powierzchni 16,7 ha (Dawidek i in. 2004) jezioro humusowe (humotroficzne) (Pęczyła, Szczurowska 2013), położone we wschodniej części Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (Polesie Lubelskie) (Ryc. 1). Jezioro wraz ze swoim otoczeniem znajduje się w granicach utworzonego w 1996 r. Rezerwatu Trzy Jeziora, na obszarze Sobiborskiego Parku Krajobrazowego. Pomimo niewielkiej głębokości posiada ono stratyfikację termiczną, co jest zasługą brunatnej barwy wody (Pęczyła 2013; Pęczyła, Szczurowska 2013). Do jeziora, głównie od północnej strony, przylega niezbyt rozległa powierzchnia torfowiska, w większości porośniętego lasem. Obecność pod torfem gytii wskazuje na znacznie większy w przeszłości zasięg jeziora (Superson, Sz wajgier 2003). Również dane historyczne wskazują na fakt, iż w ostatnich latach jezioro to znacząco zmniejszyło swoją powierzchnię. Zmiana ta odnotowana w okresie od 1948/51 do 1976 roku wynosiła 4,3 ha (Dawidek i in. 2004). Analiza kartograficznych materiałów historycznych (Mapa Kwatermistrzostwa 1843, Karte des Westlichen Russland 1915) pozwoliła na stwierdzenie, iż do końca XIX w. Płotycze było jeziorem bezodpływowym, równocześnie brak jest śladów obecności w otoczeniu, cieków odwadniających torfowisko. Pierwszy ślad ingerencji człowieka w stosunki hydrologiczne obu obiektów odnotowano na mapie wydanej w roku 1933 (Mapa Taktyczna Polski WIG 1933), na której widoczny jest ciek odwadniający torfowisko po północnej stronie jeziora i uchodzący do niego. Wiadomo również, że w 1986 r. utworzono dopływ z torfowiska oraz odpływ wyprowadzający wodę ku NW, który to następnie w roku 1998 został zatamowany na skutek działalności bobrów (Pęczyła, Szczurowska 2013; Piróg 2013, 2014).

METODY

Rdzeń do badań pobrano w południowo-zachodniej części torfowiska, ok. 5 m od brzegów współczesnego jeziora. Profil o niezaburzonej strukturze pobrany został ręczną sondą geologiczną typu Instorf. Badaniom na obecność ameb skorupkowych poddano odcinek stropowy rdzenia do głębokości 60 cm. Łącznie przeanalizowano 12 próbek pobranych z rozdzielczością 5 cm.

Szczątki ameb skorupkowych zostały wyseparowane z materiału torfowego z wykorzystaniem zmodyfikowanej procedury wg Booth i in. (2010). Każ-



Ryc.1. Lokalizacja stanowiska Płotycze koło Sobiboru na tle Rezerwatu Trzy Jeziora
 Fig. 1. The location of Płotycze site near Sobibór against Three Lakes Reserve

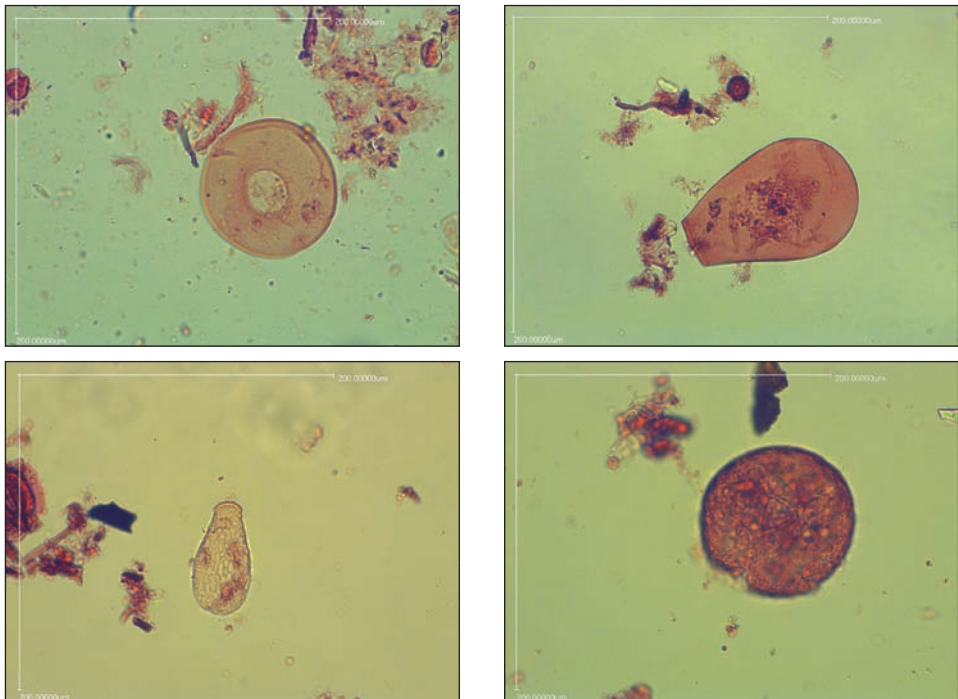
dą z porcji materiału (1 cm³ torfu) zalano 50 ml wody destylowanej, po upływie doby przesiano przez sito o średnicy oczka 350 mikrometrów i odwirowano (7 min, 3500 obr./min). Preparatyka ta oparta jest na wcześniej stosowanej procedurze wg Hendon i Charman (1997) oraz Charman i in. (2000) (za Booth i in. 2010).

Zliczenia dokonano przy wykorzystaniu mikroskopu świetlnego NIKON EC-LIPSE E 600 z powiększeniami 200X oraz 400X. W każdej z prób dokonywano zliczeń aż do osiągnięcia minimalnej liczby 150 skorupki. Do identyfikacji wykorzystano dostępne klucze do oznaczania gatunków (Grospietsch 1958; Charman i in. 2000; Clarke 2003; Mazei, Tsyganov 2006) oraz klucze dostępne w źródłach internetowych (www.arcella.nl). Wybrane gatunki z torfowiska Płotycze prezentowane są na Rycinach 2 a-d.

Ilustracją wyników jest diagram procentowego udziału poszczególnych gatunków ameb (Ryc. 3), wykonany w oparciu o oprogramowanie TILIA (Grimm 1990) z wykorzystaniem funkcji CONISS.

WYNIKI

W stropowym, 60-centymetrowym odcinku rdzenia stwierdzono występowanie łącznie 32 gatunków ameb skorupkowych. Skorupki we wszystkich próbkach cechowały się bardzo dobrym stanem zachowania, umożliwiającym w niemal każdym przypadku identyfikację analizowanych znalezisk/fosyliów do poziomu gatunkowego. Zastosowana preparatyka próbek pozwoliła na wykrycie w osadzie także najmniejszych skorupek ameb, o delikatnych i bardziej podatnych na zniszczenia skorupkach, wśród których największy udział stanowili przedstawiciele rodzaju *Cryptodiffugia*, w tym gatunki: *Cryptodiffugia crenulata*, *Cryptodiffugia oviformis* oraz gatunku *Diffugia pulex*. Ich wyraźna dominacja zaznacza się w środkowej części diagramu od głębokości 0,15 do 0,40 m (Ryc. 3). Inne gatunki charakterystyczne dla badanego stanowiska to m.in. *Arcella artocrea*, *Trigonopyxis arcula* i *Trigonopyxis minuta* oraz *Hyalosphenia subflava* i *Hyalosphenia papilio*. Występują one w badanym rdzeniu dość powszechnie i stosunkowo licznie.



Ryc. 2. Gatunki ameb skorupkowych charakterystyczne dla stanowiska Płotycze k. Sobiboru: a) *Arcella discoides*, b) *Hyalosphenia papilio*, c) *Nebela militaris*, d) *Trigonopyxis arcula*

Fig. 2. Testate amoebae species characteristic of the Płotycze near Sobibór site (using circles to indicate the correct object): a) *Arcella discoides*, b) *Hyalosphenia papilio*, c) *Nebela militaris*, d) *Trigonopyxis arcula*

Analiza gatunków ameb z uwzględnieniem ich wymogów siedliskowych, a zwłaszcza tolerancji na warunki hydrologiczne, pozwoliła na wyróżnienie 10 grup o odmiennej charakterystyce (Bobrov i in. 1999; Lamentowicz, Mitchell 2005; Lamarre i in. 2013) (Tab. 1). Grupa ameb skrajnie wilgociolubnych reprezentowana była w badanym rdzeniu przez *Amphitrema wrightianum*, zasiedlającym kępy mchu znajdujące się nawet 5 cm poniżej lustra wody. Druga grupa obejmująca gatunki podobnie wilgociolubne, choć zamieszkujące kępy mchu wyniesione ponad lustro wody, reprezentowana jest przez *Arcella discoides* oraz *Heleopera sphagni*. Pierwszy z wymienionych gatunków świadczy o niestabilności hydrologicznej obiektu i w przypadku stanowiska Płotycze, a jego obecność wskazuje na inicjację kolejnych procesów i przemian. Wśród gatunków wybitnie sucholubnych (kępy mchu od 40 do 45 cm, wystające ponad lustro wody) wskazać można następujące gatunki: *Cryptodiffugia oviformis*, *Cryptodiffugia* sp., oraz *Plagiopyxis labiata*. Po względem wrażliwości na zmiany środowiskowe najbardziej odporny jest *Hyalosphenia papilio* – gatunek tolerujący zmiany w poziomie wód gruntowych, dochodzące do 12,58 cm (Bobrov i in. 1999). Najbardziej wrażliwym gatunkiem jest pod tym względem *Amphitrema wrightianum* o tolerancji na zmianę poziomu lustra wody wynoszącej jedynie 4,62 cm.

Jak pierwotnie zakładano, zapis poszczególnych zmian hydrologicznych wywołanych różnorodnymi czynnikami odzwierciedla się w wynikach analizy ameb skorupkowych. Prześledzenie zmian z użyciem oprogramowania CONISS pozwoliło na wydzielenie trzech faz zmian poziomu wody, odpowiadających trzem wyróżnionym zespołom ameb.

Pierwsza z faz (0,40–0,60 m) odznacza się stosunkowo dużym bogactwem gatunkowym ameb. Charakteryzuje się dominacją gatunków wilgociolubnych, jak: *Archerella flavum*, *Heleopera petricola*, *Heleopera sphagni* i *Heleopera sylvatica*. W fazie tej zaznacza swoją obecność również skrajnie wilgociolubny gatunek *Amphitrema wrightianum*. Jak można przypuszczać, jest to okres najwilgotniejszy w rozwoju torfowiska, stosunkowo stabilny. W drugiej fazie wydzielono dwie podfazy charakteryzujące się odmiennymi zespołami ameb skorupkowych, a więc i rozbieżną wymową ekologiczną. Pierwsza podfaza (0,10–0,40 m) wyróżnia się wyraźnym zanikiem większości obecnych wcześniej gatunków wilgociolubnych. Równocześnie następuje wyraźny wzrost liczebności gatunków z grupy *Cryptodiffugia* (*C. oviformis*, *C. crenulata*,) i gatunku *Diffugia pulex*. Pojawia się równocześnie *Bulinularia indica*. Gatunki te wg Bobrova i in. (1999) wskazują na wyraźnie niskie położenie zwierciadła wód gruntowych. Ich obecność świadczy również o dość szybko postępującym procesie osuszania. W przypadku stanowiska Płotycze, z uwagi na dość dużą ich liczebność (równocześnie zanik pozostałych gatunków ameb skorupkowych), można mówić wręcz o procesie przesuszania torfowiska (Lamentowicz inf. ustna 11.2015). Przebudowa składu

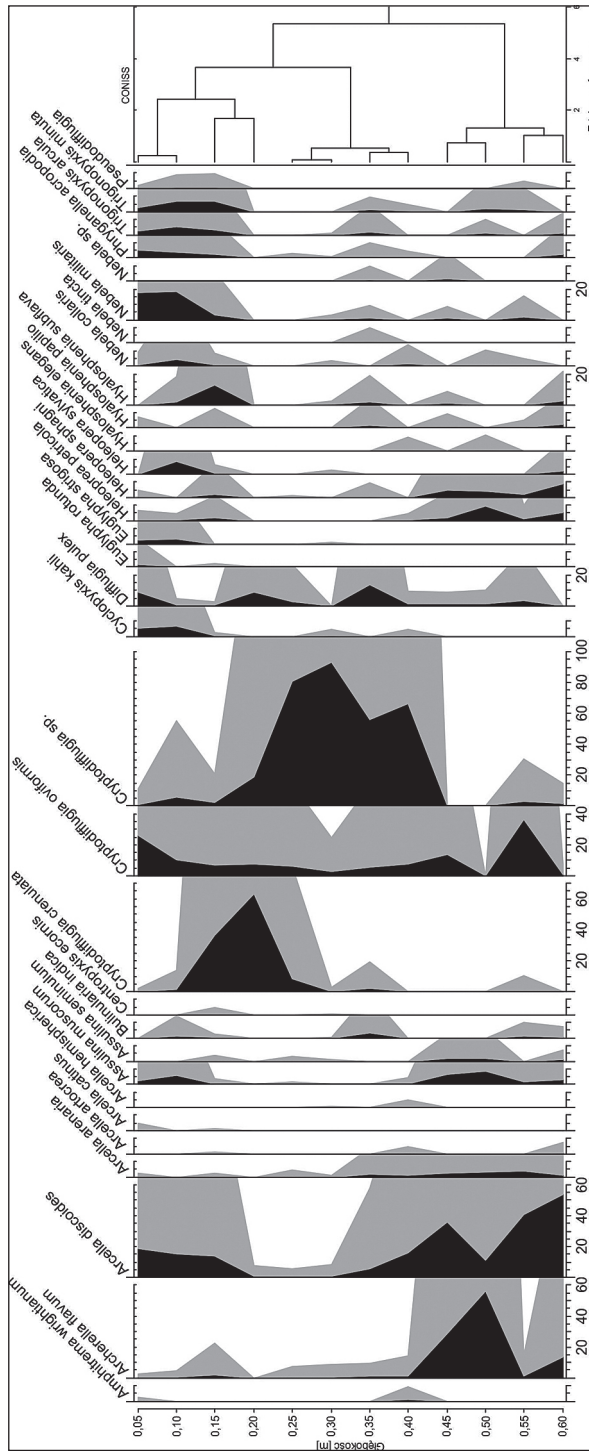
Tabela 1. Podział gatunków ameb skorupkowych torfowiska Płotycze koło Sobiboru w oparciu o ich wymagania wilgotnościowe (na podstawie Bobrov i in. 1999; Lamentowicz, Mitchell 2005; Lamarre i in. 2013)

Table 1. Distribution of testate amoebae species in the Płotycze peat bog near Sobibór based on their moisture needs (based on Bobrov i in. 1999; Lamentowicz, Mitchell 2005; Lamarre i in. 2013)

Wysokość kępy mchu ponad poziom wody	Gatunki ameb skorupkowych ze stanowiska Płotycze koło Sobiboru
Grupa 1 -5 to 0 cm	–
Grupa 2 0 to 5 cm	<i>Amphitrema wrightianum</i> , <i>Arcella discooides</i> , <i>Heleopera sphagni</i> , <i>Arcella hemispherica</i> , <i>Cyclopyxis kahli</i>
Grupa 3 5 to 10 cm	<i>Arcella artocrea</i> , <i>Archerella flavum</i> , <i>Hyalospheniae legans</i> , <i>Heleopera petricola</i> , <i>Pseudodiffugia</i>
Grupa 4 10 to 15 cm	<i>Hyalosphenia papilio</i> , <i>Phryganella acropodia</i>
Grupa 5 15 to 20 cm	<i>Nebela</i> sp., <i>Euglypha strigosa</i> , <i>Hyaloshenia elegans</i> , <i>Hyalosphenia subflava</i>
Grupa 6 20 to 25 cm	<i>Nebela militaris</i> , <i>Arcella arenaria</i> , <i>Centropyxis ecornis</i> , <i>Diffugia pulex</i> , <i>Euglypha rotunda</i> , <i>Arcella catinus</i> , <i>Nebela collaris</i>
Grupa 7 25 to 30 cm	<i>Nebela tincta</i> , <i>Assulina seminulum</i>
Grupa 8 30 to 35 cm	<i>Trigonopyxis arcula</i> , <i>Trigonopyxis minuta</i> , <i>Assulina muscorum</i> , <i>Bullinularia indica</i>
Grupa 9 35 to 40 cm	<i>Heleopera sylvatica</i>
Grupa 10 40 to 45 cm	<i>Cryptodiffugia oviformis</i> , <i>Cryptodiffugia crenulata</i>

gatunkowego ameb nastąpiła w osadzie w sposób gwałtowny, co pozwala przypuszczać, iż zmiany zachodzące w tym czasie na torfowisku miały charakter nagły i dość drastyczny. W okresie tym prawdopodobnie wystąpił czynnik znacznie zaburzający funkcjonowanie obiektu.

Kolejna podfaza (0,0-0,10 m) cechuje się natomiast ponownym wzrostem bogactwa gatunkowego. Współwystępują gatunki o różnorodnych wymaganiach – zarówno te sucho-, jak i wilgociolubne. Z grupy wilgociolubnych ponownie w tej fazie pojawiają się gatunki: *Amphitrema wrightianum*, *Arcella discooides*, *Heleopera petricola* czy *Nebela collaris* i *Cyclopyxis kahli*. Te zmiany w zespołach (zanik najmniejszych ameb, które dominowały w poprzednim okresie i ponowne wzbogacenie zespołu gatunkowego o gatunki o odmiennych preferencjach siedliskowych) wskazują, że w okresie tym prawdopodobnie została przywróco-



Ryc. 3. Diagram ameb skorupkowych torfowiska Plotycze k. Sobiboru
 Fig. 3. Testate amoebae diagram of Plotycze site near Sobibór

na równowaga hydrologiczna ekosystemu. Nastąpiło podniesienie poziomu wód gruntowych, dzięki czemu zatrzymany został proces osuszania i torfowisko prawdopodobnie zaczęło ulegać renaturyzacji.

DYSKUSJA

Analiza zespołów ameb skorupkowych wraz z kwerendą danych historycznych na temat melioracji pozwoliła na potwierdzenie, że zmiany hydrologiczne obserwowane w jeziorze Płotycze k. Sobiboru (Pęczuła, Szczurowska 2013) mają odzwierciedlenie również na torfowisku. Wyniki analizy ameb skorupkowych stropowego, 60-centymetrowego odcinka profilu pozwoliły już na wstępnym etapie badań na potwierdzenie występowania w przeszłości wyraźnych zmian w hydrologii torfowiska oraz dokonanie ich charakterystyki. Analiza materiałów historycznych, zwłaszcza źródeł kartograficznych, pozwoliła przypuszczać natomiast, jaka była geneza poszczególnych zmian oraz jaki był czynnik je inicjujący.

Jak się wydaje, dolny odcinek diagramu (Ryc. 3) przypada na okres wilgotny w rozwoju torfowiska. Na hydrologiczne funkcjonowanie obiektu oddziaływały głównie czynniki naturalne. Jak wynika z danych historycznych, antropogeniczny stopień przekształcenia stosunków wodnych torfowiska u schyłku XIX w. był niewielki, na co wskazuje brak cieków odwadniających torfowisko (Piróg 2013, 2014). Jezioro Płotycze było wówczas bezodpływowe, a analiza układu jeziorozlewnia pozwala na stwierdzenie, że jezioro i otaczające je torfowisko pozostawały w ścisłej zależności hydrologicznej. Wyniki analizy zespołów ameb skorupkowych wskazują, że torfowisko było w tym okresie prawdopodobnie względnie stabilne hydrologicznie, a ewentualne zmiany w poziomie wód gruntowych zachodziły w sposób przejściowy i nie miały gwałtownego charakteru.

W kolejnym etapie miało miejsce drastyczne osuszenie, wywołane przypuszczalnie przez czynnik antropogeniczny (zmiana w składzie gatunkowych ameb skorupkowych). Wiązać je należy zapewne z budową w 1933 r. rowu melioracyjnego po północnej stronie jeziora oraz włączeniem, w kolejnym etapie, przekształceń hydrologicznych mających miejsce ok. 1986 r., pierwotnie bezodpływowego jeziora w system odpływu powierzchniowego (Piróg 2013, 2014). W konsekwencji nastąpił spadek poziomu wód jeziora (Szczurowska, Pęczuła, 2013). Działania te doprowadziły do drenażu powierzchni torfowiska i jego wyraźnego przesuszenia, a co za tym idzie, zachwiania jego naturalnej równowagi i degradacji, co w analizie ameb skorupkowych zarejestrowano jako znaczące zaburzenie składu gatunkowego, równocześnie zaś dominacja gatunków wybitnie sucholubnych.

W ostatnim okresie przywrócona została w dość zaskakująco, wydawać by się mogło sposób, równowaga hydrologiczna ekosystemu. Miało miejsce podniesienie się poziomu wód gruntowych, wskutek czego torfowisko zaczęło ulegać

pewnej renaturyzacji. Jak się wydaje, przywrócona została stabilność hydrologiczna obiektu. Zjawisko to można powiązać (weryfikacja na podstawie danych historycznych) z działalnością bobrów na tym obszarze. W roku 1998 udokumentowano istnienie bobrowej tamy na kanale melioracyjnym uchodzącym z północno-zachodniej części jeziora, skutecznie uniemożliwiającej odpływ wód z jeziora, a także dalszy drenaż torfowiska (Pęczuła, Szczurowska, 2013). Na podkreślenie zasługuje fakt, że analiza ameb skorupkowych umożliwiła wychwycenie zmian w bilansie wodnym torfowiska Płotycze, co po raz kolejny udowadnia, że jest to bardzo czuła metoda rekonstrukcji warunków paleohydrologicznych. Wstępne, niepublikowane dane palinologiczne (Pidek inf. ustna, 2.02.2016), dotyczące tego stanowiska potwierdzają osuszenie siedliska odzwierciedlające się m.in. znacznym spadkiem udziału zarodników *Sphagnum* w spektrum sporowo-pyłkowym w odcinku 0,15–0,40 m. Publikowane dane dotyczące charakterystyki torfów i gytii na obiekcie Płotycze k. Sobiboru (Urban 2009) pozwalają na stwierdzenie, iż na głębokości około 0,30 m zarysowuje się wyraźna zmiana osadu (przejście torfu niskiego, szuwarowego, skrzypowego, zagytionego w torf wysoki, murszejący). Pośrednio zmiana ta może potwierdzać wnioski na temat osuszenia, wyciągnięte na podstawie analiz ameb skorupkowych. Model–wiek–głębokość pozwoli w przyszłości jednoznacznie określić daty zarejestrowanych w zespołach ameb zmian hydrologicznych.

Rekonstrukcja warunków wilgotnościowych torfowisk wysokich jest wprawdzie możliwa do pewnego stopnia przy wykorzystaniu także innych metod badawczych, takich jak: analiza pyłkowa, analiza mikrofosyliów pozapyłkowych, analiza makroszczałków, analiza stopnia rozkładu torfu, analiza izotopów ($\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$), analiza ameb skorupkowych czy analiza szczątków w postaci warstw kulturowych (Lamentowicz i in. 2010, Żurek 2010). Potwierdzają to liczne prace odnoszące się do tego zagadnienia (m.in. Miller, Futyma. 1987; Booth 2002; Lamentowicz 2007; Charman 2007; Lamentowicz i in. 2008a b; Lamentowicz i in. 2010; van der Knaap 2011; Välranta i in. 2012; Lamarre i in. 2013; Marcisz i in. 2015; Roland i in. 2015; Swindles i in. 2015).

Dla obszaru Pojezierza Łeczyńsko-Włodawskiego istnieją liczne opracowania palinologiczne Bałagi, samodzielne lub współautorskie (1982, 1993, 1995, 2002, 2007, 2010), podejmujące zagadnienie odtworzenia zmian szaty roślinnej i krajobrazu w skali regionalnej i lokalnej. Diagramy palinologiczne z mniejszą szczegółowością są w stanie odzwierciedlić zmiany zachodzące w roślinności lokalnej torfowiska, które pojawiają się w toku naturalnej sukcesji zarastającego zbiornika wodnego. Tym samym dane palinologiczne z pojezierza Łeczyńsko-Włodawskiego (Bałaga 1982, 1993, 1995, 2002, 2007, 2010) nie pozwalają na precyzyjne odtworzenie zmian paleohydrologicznych w ciągu ostatnich 200 lat. W porównaniu z analizą pyłkową, ameby skorupkowe odzwierciedlają stan obiektu *stricte* w miejscu poboru rdzenia. Wyeliminowany jest tym samym

problem uwzględniania skali krajobrazu ponadlokalnego, który w przypadku analizy palinologicznej zawsze jest brany pod uwagę. Podobny problem pojawia się również w przypadku wykorzystania analizy mikrofosyliów pozapyłkowych czy analizy makroszczałków roślinnych (Lamentowicz i in. 2010). Wprawdzie analiza makroszczałków roślinnych w celu rekonstrukcji hydrologicznej była z dużym powodzeniem stosowana np. w pracach m.in. Barber i in. (2004) oraz Sillasoo i in. (2007), to jednak aktualnie są dopiero w fazie realizacji prace nad makrofosyliami tego samego rdzenia z torfowiska Płotycze, z którego wykonano analizę ameb skorupkowych; Lamentowicz i in. (2010) zwracają uwagę, że informacje uzyskane na podstawie analizy pyłkowej, analizy mikrofosyliów pozapyłkowych czy makroszczałków roślinnych pozwalają jedynie w mniejszym lub większym stopniu sygnalizować zmiany w paleohydrologii stanowiska, opisując ich następstwo i tempo. Podobnie sytuacja przedstawia się przypadku analizy stopnia rozkładu torfu czy analizy izotopów. Wskaźniki te mówią jedynie o następstwie i tempie zmian w paleohydrologii. Na podstawie analizy niemożliwe jest wnioskowanie o intensywności poszczególnych epizodów (Żurek 2010). W przypadku analizy ameb skorupkowych uzyskujemy precyzyjniejsze dane liczbowe, w oparciu o które możliwe jest stworzenie funkcji transferu, pozwalającej na wnioskowanie na temat zmienności poziomu lustra wody gruntowej (Lamentowicz i in. 2010).

Dalszy monitoring środowiskowy ekosystemu jeziorno-torfowiskowego Płotycze k. Sobiboru przyniesie kolejne istotne dane na jego temat, które pozwolą potwierdzić, czy utrzymana zostanie tendencja do wzrostu poziomu wody i renaturyzacji.

WNIOSKI

Badania zespołów ameb skorupkowych ekosystemu jeziorno-torfowiskowego Płotycze k. Sobiboru pozwoliły na prześledzenie zmian stosunków wodnych w ostatnich 200 latach. W oparciu przede wszystkim o wyniki analizy ameb skorupkowych z osadów torfowych, uzupełnione o analizę materiałów kartograficznych, możliwe było wyróżnienie dwóch wyraźnych faz zmian w stosunkach wodnych. Były to kolejno: faza wilgotna, faza osuszenia (z zaznaczającą się podfazą uwilgotnienia i względnej renaturyzacji torfowiska). Czynnikiem inicjującym zmiany hydrologiczne w obrębie torfowiska był w każdym przypadku inny. W pierwszym okresie głównym bodźcem kształtującym stosunki hydrologiczne torfowiska był czynnik naturalny. Dopiero podczas drugiej fazy, w której miała miejsce destabilizacja hydrologiczna, cały ekosystem podlegał silnej antropopresji. Złożoność drugiej fazy, pozwalająca na wydzielenie dwóch podfaz, ukazuje inicjację dalszych zmian pod koniec jej trwania. Nastąpiło względne podniesienie się poziomu wód gruntowych, wywołane prawdopodobnie zatrzymaniem odpływu na skutek działalności bobrów. Istnieje prawdopodobieństwo, że czynnik ten będzie miał

znacznie większe znaczenie w funkcjonowaniu torfowiska w najbliższych latach, a dalszy monitoring środowiskowy obiektu przyniesie kolejne istotne dane na jego temat.

LITERATURA

- Bałaga K., 1982. *Vegetational history of the lake Łukcze environmet (Lublin, Polesie, E, Poland) during the late glacial and Holocene*, Acta Paleobotanica 22, 1, 7–22.
- Bałaga K., 2002. *Hydrological changes in the Lublin Polesie during the Late Glacial and Holocene as reflected in the sequences of lacustrine and mire sediments*, Studia Quater., 19, 37–53.
- Bałaga K., 2007. *Transformation of lake ecosystem into peat bog and vegetation history based on Durne Bagno mire (Lublin Polesie, E Poland)*, Geochronometria, 29, 23–43.
- Bałaga K., 2010. *Przemiany krajobrazu Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego w okresie 13 000 lat: wyniki badań palinologicznych*, [w:] T. Chmielewski, D. Piasecki, *The Future of Hydrogenic Landscapes in European Biosphere Reserves. Przyszłość krajobrazów hydrogenicznych w rezerwatach biosfery Europy*, UP Lublin, Poleski PN, PAN Oddz. Lublin, Komitet Narodowy UNESCO-MAB Warszawa–Lublin, 163–190.
- Bałaga K., Dobrowolski R., Rodzik J., 1993. *Paleogeograficzne warunki rozwoju jezior i torfowisk Poleskiego Parku Narodowego i jego strefy ochronnej*, Ann. UMCS. s. B, 48, 1–18.
- Bałaga K., Dobrowolski R., Rodzik J., 1995. *Geneza i ewolucja mis jeziorno-torfowiskowych w Poleskim Parku Narodowym (aktualny stan rozpoznania)*, [w:] S. Radwan (red.), *Ochrona ekosystemów wodnych w Poleskim Parku Narodowym i jego otulinie*, TWWP, Lublin, 24–27.
- Barber, K.E., Chambers, F.M., Maddy, D., 2004. *Late Holocene climatic history of northern Germany and Denmark: peat macrofossil investigations at Dosenmoor*, Schleswig-Holstein, and Svanemose, Jutland. Boreas 33, 132–144.
- Bobrov A. A., Charman D. J., Warner B. G., 1999. *Ecology of Testate Amoebae (Protozoa: Rhizopoda) on Peatlands in Western Russia with Special Attention to Niche Separation in Closely Related Taxa*, Protist, Vol. 150, 125–136.
- Bobrov A.A., Andreev A.A., Schirrmeister L., Siegert C., 2004. *Testate amoebae (Protozoa: Testacea lobosea and Testacea filosea) as bioindicators in the Late Quaternary deposits of the Bykovsky Peninsula, Laptev Sea, Russia*. Paleography, Paleoclimatology, Paleoecology 209, 165–181.
- Booth R. K., 2001. *Ecology of testate amoebae (Protozoa) in two lake superior coastal wetlands: implications for paleoecology and environmental monitoring*, Wetlands, Vol. 21, No. 4, 564–576.
- Booth R. K., 2002. *Testate amoebae as paleoindicators of surface-moisture changes on Michigan peatlands: modern ecology and hydrological calibration*, Journal of Paleolimnology 28: 329–348.
- Booth R. K., Lamentowicz M., Charman D., J., 2010. *Preparation and analysis of testate amoebae in peatland palaeoenvironmental studies*, Mires and Peat, Vol. 7, 02, 1–7.
- Booth R. K., Notaro M., Jackson S. T., Kutzbach J. E., 2006. *Widespread drought episodes in the western Great Lakes region during the past 2000 years: Geographic extent and potential mechanisms*, Earth and Planetary Science Letters 242, 415–427.
- Charman D. J., 2001. *Biostratigraphic and palaeoenvironmental applications of testate amoebae*, Quaternary Science Reviews 20, 1753–1764.
- Charman D. J., 2007. *Summer water deficit variability controls on peatland water-table changes: implications for Holocene palaeoclimate reconstructions*, The Holocene 17, 2, 217–227.
- Charman D. J., Hendon D., Woodland W. A., 2000. *The identification of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in peats*, Technical Guide No. 9. London: Quaternary Research Association.

- Charman D. J., Roland W. G., Manning C., Sharma Ch., 2010. *Reconstruction of recent sea-level change using testate amoebae*, Quaternary Research 73, 208–219.
- Chmielewski S., Urban D., 2008. *Zastosowanie cyfrowej ortofotomapy do analizy struktury szaty roślinnej na przykładzie rezerwatu przyrody „Trzy Jeziora”*, [w:] T. J. Chmielewski, *Problemy ekologii krajobrazu. Struktura i funkcjonowanie systemów krajobrazowych: Meta-analizy, modele, teorie i ich zastosowania*, Tom 21, 177–192.
- Chmielewski S., Chmielewski T., 2009. *Analiza zmian struktury użytkowania ziemi w latach 1952–2007*, [w:] T. Chmielewski (red.), 2009: *Ekologia krajobrazów hydrogenicznych Rezerwatu Biosfery „Polesie Zachodnie”*. Wyd. PZN Sp. z o.o., 207–219.
- Clarke K. J., 2003. *Guide to Identification of Soil Protozoa – Testate Amoebae*. Freshwater Biological Association, Ambleside, UK.
- Czernaś K., 2009. *Analiza zmian zachodzących w fitoplanktonie badanych jezior w latach 1966–2009*, [w:] T. Chmielewski (red.), 2009: *Ekologia krajobrazów hydrogenicznych Rezerwatu Biosfery „Polesie Zachodnie”*. Wyd. PZN Sp. z o.o., 129–137.
- Dawidek J., Michalczyk Z., Sz wajgier W., Turczyński M., 2004. *Problemy ochrony wód Sobiborskiego Parku Krajobrazowego*, [w:] R. Dobrowolski, S. Terpiłowski (red.), 2004: *Stan i zmiany środowiska geograficznego wybranych regionów wschodniej Polski.*, Wyd. UMCS, Lublin, 209–215.
- Gilbert D., Amblard C., Bourdier G., Francez A.J., 1998. *The microbial loop at the surface of a peatland: Structure, function and impact of nutrient input*. Microbial Ecology 35, 83–93.
- Grimm, E.C., 1990. *TILIA and TILIAGRAPH. PC spreadsheet and graphics software for pollen data*, INQUA Working Group on Data Handling Methods, Newsletter 4, 5–7.
- Grospietsch T., 1958. *Wechseltierchen (Rhizopoden)*, Kosmos, Stuttgart, Germany.
- Grzywaczewski G., Nieoczym M., 2009. *Analiza zmian zachodzących w w orniofaunie krajobrazów hydrogenicznych regionu w latach 1966–2009*. [w:] T. Chmielewski (red.), 2009: *Ekologia krajobrazów hydrogenicznych Rezerwatu Biosfery „Polesie Zachodnie”*. Wyd. PZN Sp. z o.o., 229–251.
- Hendon D., Charman D. J., 1997. *The preparation of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) samples from peat*, The Holocene 7, 2, 199–205.
- Karte des Westlichen Russland 1915.
- Kauppila T., Kihlman S., Makinen J., 2006. *Distribution of arcellaceans (testate amoebae) in the sediments of a mine water impacted bay of lake Retunen, Finland*, Water, Air, and Soil Pollution (2006) 172, 337–358.
- Kolejko M., 2009a. *Analiza zmian hydrochemicznych badanych jezior w latach 1966–2009*, [w:] T. Chmielewski (red.), 2009: *Ekologia krajobrazów hydrogenicznych Rezerwatu Biosfery „Polesie Zachodnie”*. Wyd. PZN Sp. z o.o., 101–115.
- Kolejko M., 2009b. *Analiza zmian zachodzących w ichtiofaunie jezior, na tle procesów wypłycania się zbiorników, eutrofizacji wód oraz sukcesji roślinnej*, [w:] T. Chmielewski (red.), 2009: *Ekologia krajobrazów hydrogenicznych Rezerwatu Biosfery „Polesie Zachodnie”*. Wyd. PZN Sp. z o.o., 207–219.
- Laggoun-Déffarge F., Mitchell E.A.D., Gilbert D., Disnar J.R., Comont L., Warner B., Buttler A., 2008. *Cut-over peatland regeneration assessment using matter and microbial indicators (bacteria and testate amoebae)*. Journal of Applied Ecology 45, 716–727.
- Lamarre A., Magnan G., Garneau M., Boucher É., 2013. *A testate amoeba-based transfer function for paleohydrological reconstruction from boreal and subarctic peatlands in northeastern Canada*, Quaternary International 306, 88–96.
- Lamentowicz M., 2007. *Paleoekologia torfowisk — źródło informacji o historii klimatu i wpływie człowieka na środowisko*, Przegląd Geologiczny, vol. 55, nr 12/2, 1130–1135.
- Lamentowicz M., Cedro, A., Gałka M., Goslar, T., Miotk-Szpiganowicz G., Mitchell E.A.D., Pawlyta J., 2008a. *Last millennium palaeoenvironmental changes from a Baltic bog (Poland) inferred*

- from stable isotopes, pollen, plant macrofossils and testate amoebae*, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 265, 93–106.
- Lamentowicz M., Milecka K., Gałka M., Cedro A., Pawlyta J., Piotrowska N., Lamentowicz Ł., van der Knaap W. O., 2008b. *Climate and human induced hydrological change since AD 800 in an ombrotrophic mire in Pomerania (N Poland) tracked by testate amoebae, macro-fossils, pollen and tree rings of pine*, *Boreas*, Vol. 38, 214–229.
- Lamentowicz M., Jęško M., Miotk-Szpiganowicz G., Goslar T., 2010. *Paleohydrologia torfowiska bałtyckiego Stążki (Pojezierze Kaszubskie) w okresie 5300 BC – 950 AD – rozwój torfowiska i zmiany klimatyczne*, *Studia Limnologica et Telmatologica*, 4, 1, 13–27.
- Lamentowicz M., Mitchell E. A. D., 2005. *The Ecology of Testate Amoebae (Protists) in Sphagnum in North-western Poland in Relation to Peatland Ecology*, *Microbial Ecology*, Vol. 50, 48–63.
- Mapa Kwatermistrzostwa 1843.
- Mapa Taktyczna Polski WIG 1933.
- Marcisz K., Fournier F., Gilbert D., Lamentowicz M., Mitchell E. A. D., 2014 a. *Response of Sphagnum peatland testate amoebae to a 1-year transplantation experiment along an artificial hydrological gradient*. *Microbial Ecology* 67, 810–818.
- Marcisz K., Lamentowicz Ł., Słowińska S., Słowiński M., Muszak W., Lamentowicz M., 2014 b. *Seasonal changes in Sphagnum peatland testate amoebae communities along a hydrological gradient*. *European Journal of Protistology* 50, 445–455.
- Marcisz K., Tinner W., Colombaroli D., Kołaczek P., Słowiński M., Fiałkiewicz-Kozieł B., Łokas E., Lamentowicz M., 2015. *Long-term hydrological dynamics and fire history over the last 2000 years in CE Europe reconstructed from a high-resolution peat archive*, *Quaternary Science Reviews* 112, 138–152.
- Mazei Y., Tsyganov A. N., 2006. *Freshwater Testate Amoebae*, KMK, Moscow, 302 p.
- Mieczan T., 2007. *Seasonal patterns of testate amoebae and ciliates in three peatbogs: relationship to bacteria and flagellates (Poleski National Park, Eastern Poland)*, *Ecology and Hydrobiology*, Vol. 7, No 1, 79–88.
- Mieczan T., Niedźwiecki M., Tarkowska-Kukuryk M., 2015. *Effects of rotifers, copepods and chironomid larvae on microbial communities in peatlands*, *European Journal of Protistology*, 1–48.
- Mieczan T., Tatarowska-Kukuryk M., 2013. *Diurnal dynamics of the microbial loop in peatlands: structure, function and relationship to environmental parameters*. *Hydrobiologia* 717, 189–201.
- Miller N.G., Futyma R.P., 1987. *Paleohydrological implications of Holocene peatland development in northern Michigan*, *Quaternary Research* 27, 297–311.
- Pęczuła W., 2007. *Mass development of the algal species Gonyostomum semen (Raphidophyceae) in the mesohumic Lake Plotycze (central-eastern Poland)*, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, Vol. 36, Supplement 1, 163–172.
- Pęczuła W., 2013a. *Habitat factors accompanying the mass appearances of nuisance, invasive and alien algal species gonyostomum semen (ehr.) dying in humic lakes of eastern Poland*, *Polish Journal of Ecology*, 61, 3, 535–543.
- Pęczuła W., 2013b. *Phytoplankton diversity related to habitat heterogeneity of small and shallow humic lake Plotycze (Eastern Poland)*, *Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przynr. – OL PAN*, 10, 291–305.
- Pęczuła W., Banach B., 2013. *Small water bodies and lakes protected under EU Habitats Directive – results of the pilot wildlife monitoring in the Lubelskie region*, *Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przynr. – OL PAN*, 10, 306–317.
- Pęczuła W., Szczurowska A., 2013. *Long-term changes in phytoplankton in a humic lake in response to the water level rising: the effects of beaver engineering on a freshwater ecosystem*, *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 410, 06, 1–13.

- Pęczuła W., Zykubek A., 1998. *Phytoplankton of humo-eutrophic Lake Plotycze (Sobiborski Landscape Park, Eastern Poland)*, Oceanological Studies, 2, 45–50.
- Piróg A., 2013. *Zmiany stosunków wodnych na obszarze rezerwatów „Trzy Jeziora” i „Brudzieniec” (Sobiborski Park Krajobrazowy) na przestrzeni 200 lat*, Praca inżynierska. Katedra Hydrobiologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.
- Piróg A., 2014. *Wykorzystanie subfosylnej fauny Cladocera jako źródła informacji o funkcjonowaniu i historycznych zmianach ekosystemu jeziora humusowego Plotycze Sobiborskie*, Praca magisterska, Katedra Hydrobiologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.
- Roe H., Charman D. J., Roland G., 2002. *Fossil testate amoebae in coastal deposits in the UK: implications for studies of sea-level change*, Journal of Quaternary Science 17 (5-6), 411–429.
- Roland T.P., Daley T.J., Caseldine C.J., Charman D.J., Turney C.S.M., Amesbury M.J., Thompson G.J., Woodley E.J., 2015. *The 5.2 ka climate event: Evidence from stable isotope and multi-proxy palaeoecological peatland records in Ireland*, Quaternary Science Review 58.
- Sender J., 2011. *Development of floating-leaved vegetation in three lakes of varied trophy (Łęczna–Włodawa Lakeland)*, Limnology Review 11, 4, 163–169.
- Sillasoo, Ü., Mauquoy, D., Blundell, A., Charman, D., Blaauw, M., Daniell, J.R.G., Toms, P., Newberry, J., Chambers, F.M., Karofeld, E., 2007. *Peat multi-proxy data from Männikjärve bog as indicators of late Holocene climate changes in Estonia*. Boreas 36, 20–37.
- Superson J., Szwajgier W., 2003. *Natural and anthropogenic conditioning of the changes of the shoreline of Brudno, Brudzieniec and Plotycze lakes (the Łęczna–Włodawa Lake District)*, Limnological Review 3, 223–228.
- Swindles G. T., Amesbury M. J., Turner T. E., Carrivicka J. L., Woulds C., Raby C., Mullan D., Roland T. P., Galloway J. M., Parry L., Kokfelt U., Garneau M., Charman D. J., Holden J., 2015. *Evaluating the use of testate amoebae for palaeohydrological reconstruction in permafrost peatlands*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 424, 111–122.
- Tsyganov A.N., Keuper F., Aerts R., Beyens L., 2013. *Flourish or Flush: Effects or Simulated Extreme Rainfall Events on Sphagnum-dwelling Testate Amoebae in Subarctic Bog (Abisko, Sweden)*. Microbial Ecology 65, 101–110.
- Urban D., 2009. *Badania struktury geologicznej i analiza procesów rozwoju wybranych torfowisk oraz ocena tempa sedymentacji osadów jeziornych*, [w:] T. Chmielewski (red.), 2009: *Ekologia krajobrazów hydrogenicznych Rezerwatu Biosfery „Polesie Zachodnie”*. Wyd. PZN Sp. z o.o., 139–159.
- Väiliranta M., Blundell A., Charman D.J., Karofeld E., Korhola A., Sillasoo Ü., S. Tuittila E., 2012. *Reconstructing peatland water tables using transfer functions for plant macrofossils and testate amoebae: A methodological comparison*, Quaternary International 268, 34–43.
- Van der Knaap, W.O., Lamentowicz, M., van Leeuwen, J.F.N., Hangartner, S., Leuenberger, M., Mauquoy, D., Goslar, T., Mitchell, E.A.D., Lamentowicz, Ł., Kamenik, C., 2011. *A multi-proxy, high-resolution record of peatland development and its drivers during the last millennium from the subalpine Swiss Alps*, Quaternary Science Review 30, 3467–3480.
- Żurek S., 2010. *Metody badań osadów bagiennych*, Landform Analysis, Vol. 12: 137–148. <http://www.arcella.nl/> s. 124, 209–223.

SUMMARY

The study focused on reconstruction of the extreme hydrological changes within the bog surrounding the lake Plotycze near Sobibór over the past 200 years. The site has been located within the reserve „Three Lakes”, in the Sobibór Landscape Park. The main aim was to determine the intensity of these changes and to determine the extent to which allogenic and indigenous factors resulted in the functioning of peat bog. Analysis consisted of 0.60 m peat core extracted from the northwestern

part of the bog, including the youngest periods in the history of the bog. This section, as follows directly from historical data, is also a carrier of data on intensive human impact on the area. As a research method testate amoebae analysis was used. These organisms belong to the dominant group of peat microorganisms. The results obtained enabled to determine two main paleohydrology phases in the last 200 years of the peat bog history. These phases have been correlated with historical data and with the results of previous studies carried out in the peat bog, i.e. reconstruction of water level changes based on data mapping using GIS tools and the study of plant communities.