

Zakład Geoeologii i Paleogeografii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, al. Kraśnicka 2cd, 20-718 Lublin, Polska,
jarosz.joa@gmail.com

JOANNA JAROSZ

Mikrofosylia pozapyłkowe w torfach Polesia Lubelskiego i ich wartość wskaźnikowa

Non-pollen palynomorphs in Western Polesie peat bogs and their indicator value

Słowa kluczowe: mikrofosylia pozapyłkowe, rekonstrukcja paleohydrologiczna, torfowiska Polesia Lubelskiego

Keywords: non-pollen palynomorphs, paleohydrology reconstructions, peat bogs of Polesie Lubelskie

WSTĘP

Rekonstrukcja warunków hydrologicznych torfowisk stanowi jedno z ważniejszych źródeł informacji na temat zmian klimatycznych w holocenie oraz wnioskowania o innych zmianach paleoekologicznych (Willemssen et al. 1996; Kuhry 1997; Lamentowicz i in. 2010; Żurek 2010; Blaauw, Mauquoy 2012). Wśród metod badań torfowisk główne miejsce zajmuje analiza palinologiczna, która prowadzi do odtworzenia przemian roślinności w przeszłości, w tym sukcesji roślinności wodnej i torfowiskowej. Jej rezultaty pozwalają też wnioskować m.in. o zmianach klimatycznych, paleohydrologicznych i wpływie człowieka na środowisko (m.in. Latałowa 2007; Ralska-Jasiewiczowa i in. 2004).

Analiza mikrofosyliów pozapyłkowych (ang. *non-pollen palynomorphs*; NPPs), które zachowują się powszechnie w próbkach palinologicznych, jest obecnie często wykonywana jako uzupełnienie analizy pyłkowej (Kuhry 1997; Garneau 1987, Latałowa 2007; Makohonienko 2000; Antipushina i in. 2012; Blaauw, Mauquoy 2012; Revelles i in. 2016; Volik i in. 2016; Basumatary i in. 2017; de Klerk i in. 2017). Od czasu ukazania się pracy van Geela (1978), która zaprezentowała potencjał badań nad NPPs, zainteresowanie tą metodą wyraźnie wzrosło.

Świadczą o tym liczne publikacje naukowe, w tym klucze do identyfikacji mikrofosyliów pozapyłkowych (m.in. van Geel 1978; van Geel i in. 1982; Kuhry 1997; Gelorini i in. 2011; Miola 2012; van der Linden i in. 2012; Demske i in. 2013; Avi 2015).

Analiza mikrofosyliów pozapyłkowych nie rodzi potrzeby wprowadzania dodatkowych procedur laboratoryjnych, jako że możliwe jest wykorzystanie do tego celu preparatów palinologicznych (Willemsen i in. 1996, Latałowa 2007). Oznaczanie NPPs pozwala w jak największym stopniu wykorzystać dostępny materiał w postaci próbek palinologicznych, aby uzyskać dodatkowe dane do interpretacji paleoekologicznych.

Analiza NPPs rozpatrywana jest w literaturze zarówno pod kątem metodyki (m.in.: Haas 1996; Montoya i in. 2010; Gelorini i in. 2011), jak i przydatności NPP do rekonstrukcji różnych czynników środowiskowych. Są to prace służące analizie wpływu człowieka na środowisko, np. nasilenia osadnictwa, pasterstwa, uprawy (van Geel i in. 1982, 2003; Magyari i in. 2001; López Sáez i in. 2002; Cugny i in. 2010; Mazurkiewicz-Zapałowicz, Okuniewska-Nowaczyk 2015; Szal et al. 2015; Revelles i in. 2016), a także ocenie zmian paleohydrologicznych (van Geel i in. 1982; Garneau 1987; Willemsen i in. 1996; Kuhry 1997; Goslar i in. 1999b; Magyari i in. 2001; Lamentowicz i in. 2008a, b; Cook i in. 2011; Antipushina i in. 2012; Blaauw i Mauquoy 2012; Väiliranta i in. 2012; Lamarre i in. 2013; Marcisz i in. 2014, 2015; Swindles i in. 2015; Faber i in. 2016).

Celem pracy było rozpoznanie typów NPPs występujących w torfowiskach Polesia Lubelskiego i włączenie ich do interpretacji zmian paleohydrologicznych na trzech stanowiskach (Płotycze, Mytycze, Durne Bagno). Region Polesia, ze względu na rozległość obszarów torfowisk różnych typów, które kształtowały się od późnego glacjału ostatniego zlodowacenia (m.in. Harasimiuk i in. 1998, Radwan 2002; Bałaga i in. 2006, Dobrowolski i in. 2010), jest szczególnie interesujący dla badań paleohydrologicznych. W pracy zaprezentowano najpowszechniej występujące typy NPPs w torfach z wymienionych trzech stanowisk wraz z ich charakterystyką i procentowym udziałem w profilach osadów torfowych. Wyniki badań z Polesia Lubelskiego odniesiono do innych opracowań z obszaru Polski.

Pełne spektrum gatunków ameb obecnych w analizowanych trzech torfowiskach Polesia Lubelskiego (Płotycze, Mytycze i Durne Bagno) jest przedmiotem oddzielnego opracowania (Jarosz, w opracowaniu) opartego na analizie próbek torfu przygotowanych według odrębnej metodyki zaproponowanej przez Hendona i Charmana (1997). Opracowanie pełnego diagramu procentowego poszczególnych gatunków ameb skorupkowych pozwoli na korelację z diagramami palinologicznymi (Pidek, w opracowaniu) i wyciągnięcie szczegółowych wniosków na temat zmian paleohydrologicznych w trzech badanych obiektach.

OBSZAR BADAŃ

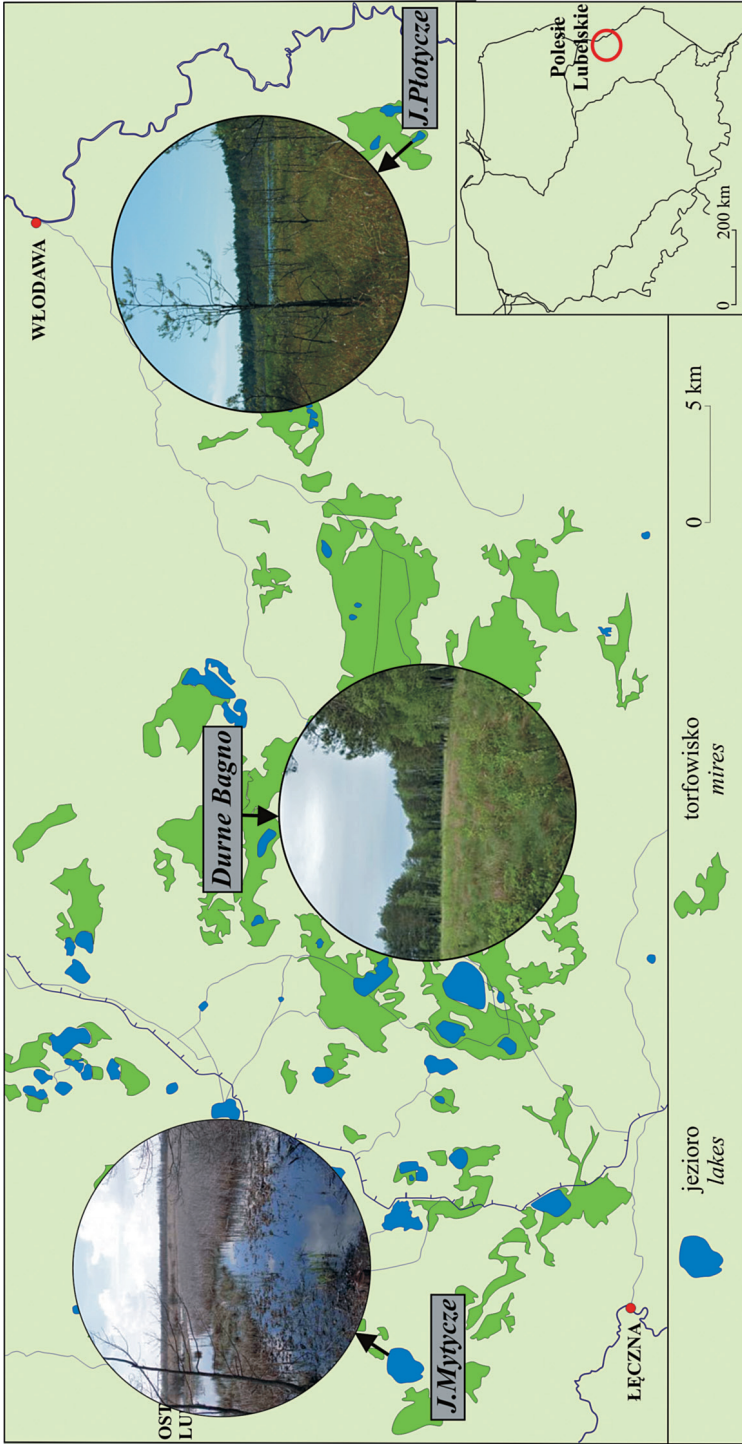
Rozległy obszar torfowisk Polesia Lubelskiego, w tym licznych torfowisk wysokich (Borowiec 1990), był wielokrotnie przedmiotem różnorodnych badań i analiz paleoekologicznych (m.in. Bałaga i in. 1992, 2002, 2006; Harasimiuk, Wojtanowicz 1998; Goslar i in. 1999a; Radwan 2002). Wśród wszystkich jednak prac poświęconych rekonstrukcji paleośrodowiska nadrzędne miejsce zajmują badania palinologiczne (m.in. Bałaga 1982, 2007a, b). Zbiorniki wodne istniejące na badanym obszarze powstały w późnym glacie, funkcjonowały w ciągu holocenu, i zwykle zarastały w okresie subatlantyckim, przekształcając się w obszary bagienne. Geneza tych zbiorników jest przedmiotem badań od lat 1950 (Wilgat 1954) do dnia dzisiejszego (m.in. Michalczyk, Wilgat 1997; Wilgat 1998; Dobrowolski 1998 i przegląd literatury tamże).

Analizowane stanowiska obejmują jeziora Płotycze i Mytycze wraz z otaczającymi torfowiskami oraz największe torfowisko zlokalizowane w centralnej części Poleskiego Parku Narodowego – Durne Bagno.

Stanowisko Płotycze przedstawia się jako niezbyt duże jezioro humusowe (humo-eutroficzne) (Pęczuła, Szczurowska 2013), zlokalizowane we wschodniej części Polesia Lubelskiego wraz z przyległym do niego od północnej strony torfowiskiem (ryc. 1). Obiekt leży na terenie Rezerwatu Trzy Jeziora, przynależącego do Sobiborskiego Parku Krajobrazowego. Torfowisko to w znacznej mierze prezentuje typ torfowiska wysokiego i współcześnie większa jego powierzchnia porośnięta jest lasem. Na podstawie odwiertów geologicznych przeprowadzonych w obrębie misy jeziornej, jak i samego torfowiska, stwierdzono, że w przeszłości jezioro to miało znacznie większy zasięg niż obecnie (Superson, Szwałkiewicz 2003). Podobne wnioski wyciągnięto na podstawie danych historycznych. Na podstawie map dawnych reprezentujących okres od 1948/51 do 1976 roku wyliczono, iż spadek powierzchni jeziora w tymże okresie wyniósł 4,3 ha (Dawidek i in. 2004). Analizą stosunków wodnych na torfowisku zajmowała się m.in. Piróg (2013, 2014) i Jarosz i in. (2015).

Stanowisko Durne Bagno ma 1 km² powierzchni i zajmuje wyraźnie zarysowaną, owalną nieckę podścieloną osadami piaszczystymi. W zachodniej części niecka ta jest stosunkowo płytka, we wschodniej zaś osiąga głębokość nawet 7–8,5 m (Bałaga i in. 2006). Wypełniają ją osady limniczno-bagienne. W marginalnym pasie (100–200 m n.p.m.) są to wyłącznie torf turzycowo-mszysty i torf sfagnowy, przykrywające podłoże mineralne, o miąższości sięgającej 2,5 m. Współcześnie obiekt ten porośnięty jest lasem sosnowo-brzozowym, z przewagą sosny (Bałaga i in. 2006; Bałaga 2007b).

Jezioro Mytycze wraz z przyległym do niego ze wszystkich stron torfowiskiem wybrane zostało jako trzecie stanowisko do pracy. Jezioro to jest zbior-



Ryc. 1. Położenie badanych torfowisk na tle sieci rzecznej Polesia Lubelskiego na podstawie mapy lokalizacji torfowiska Durne Bagno na tle jezior i torfowisk Pojezierza Leczyńsko-Włodawskiego wg Dobrowolskiego 2006 (Bałaga i in. 2006)

Fig. 1. Location of studied peat bogs against the background of the Lublin Polesie waterway network based on the map of the Durne Bagno peat bog location against the background of lakes and peat bogs of the Łęczna–Włodawa Lake District acc. to Dobrowolski 2006 (Bałaga et al. 2006)

nikiem retencyjnym przynależnym do systemu Kanału Wieprz-Krzna, niezbyt głębokim (max. 1,7 m), lecz o stosunkowo dużej powierzchni (202 ha) (Chmielewski, Chmielewski 2009). Jak odnotowano w latach 50., Mytycze było niezbyt rozległym jeziorem otoczonym przez niskie oraz przejściowe torfowiska (silnie rozczłonkowane przez system wyrobisk po eksploatacji torfu). W latach 60. dokonano obwałowania i podpiętrzenia jeziora, pozostawiając przy tym roślinność torfowiskową w postaci wysp z kożucha torfowego. Wyspy te w dalszym etapie rozrosły się i połączyły w zwarty kompleks – zespół ekosystemów hydrogenicznych (Chmielewski, Chmielewski 2009). Analiza chemiczna wód zbiornika wykazała, iż nosi ona znamiona hipertrofii (Solis 2012).

MATERIAŁ I METODY

Autorka podjęła analizę mikrofosyliów pozapyłkowych w trzech rdzeniach osadów torfowych z rejonu Polesia Lubelskiego. Były to stanowiska Płotycze, Mytycze, Durne Bagno (ryc. 1), które są aktualnie przedmiotem opracowania palinologicznego (Pidek, w przygotowaniu)

Materiał do badań pobrano w roku 2015 w formie rdzeni osadów torfowych. Wiercenia wykonano przy użyciu sondy geologicznej typu Instorf o średnicy puszki 5 cm. Próby do analiz w objętości 1 cm³ pobrano w rozdzielczości co 2–5 cm w zależności od typu osadu. Materiał przeznaczony do analizy pyłkowej i NPPs przygotowano według standardowej metody acetolizy Erdtmanna (Faegri, Iversen 1989). W celu usunięcia materiału mineralnego zastosowano 24-godziną inkubację kwasem fluorowodorowym. Materiał badawczy zawieszony w glicerynie i zabarwiony kwaśną fuksyną poddano analizie mikroskopowej przy użyciu mikroskopu świetlnego Nikon Eclipse E600, przy zastosowaniu powiększenia 400x. W każdej próbie oznaczono średnio 500–800 sporomorf. Identyfikację NPPs przeprowadzono, opierając się na pracach: van Geel 1978; van Geel i in. 1982; Kuhry 1997; Gelorini i in. 2011; Miola 2012; van der Linden i in. 2012; Demske i in. 2013; Avi 2015.

Wyniki prezentowane są w postaci diagramów procentowego udziału poszczególnych taksonów NPPs (ryc. 3–5) sporządzonych z wykorzystaniem oprogramowania POLPAL (Nalepka, Walanus 2003).

WYNIKI

Zarys litologii osadów

W rdzeniu Płotycze od głębokości 5,00 m do głębokości 3,18 m występowały osady jeziorne (gytia), a od głębokości 4,93 m do stropu – torf reprezen-

towany przez różne typy (torf sfagnowy, torf sfagnowo-turzycowy, torf turzycowo-mszysty).

W rdzeniu Durne Bagno od głębokości 5,00 m do głębokości 4,28 m występowały osady jeziorne, reprezentowane początkowo na odcinku 4,66–5,00 m przez gytie drobnodetrytusową, turzycowo-mszystą, a następnie na odcinku 4,28–4,66 m przez gytie z torfem turzycowym. Od głębokości 4,28 m do stropu zalegał torf reprezentowany przez różne jego typy, takie jak: torf sfagnowy, torf sfagnowo-turzycowy, torf sfagnowo-wełniankowo-turzycowy, torf sfagnowo-turzycowo-wełniankowy, torf turzycowy oraz torf turzycowo-sfagnowy.

W rdzeniu Mytycze od głębokości 4,50 m do głębokości 0,70 m występowały osady jeziorne, reprezentowane początkowo na odcinku 4,50–4,33 m przez piasek różnoziarnisty, następnie zaś na odcinku 4,33–0,70 m – przez osad torfowo-gytowy. Początkowo (4,07–4,33 m) jest to torf mszysto-turzycowy z gytia glonową, przechodzący kolejno w torf turzycowo-mszysty z gytia (4,06–0,70 m). Od głębokości 0,70 m do stropu torf reprezentowany przez torf sfagnowy oraz torf sfagnowo-turzycowy.

Charakterystyka ważniejszych NPPs

Wyniki przeprowadzonej analizy pozwoliły na oznaczenie w torfach wszystkich profili (Płotycze, Mytycze, Durne Bagno) 12 typów mikrofosyliów pozapyłkowych, które podzielono na 3 grupy: glony z rodzaju *Pediastrum* i *Botryococcus*, szczątki grzybów oraz szczątki pochodzenia zwierzęcego. Wyniki analizy NPPs zaprezentowano w formie diagramów procentowego udziału zespołów NPP na tle zmienności głównych taksonów roślin wodnych i szuwarowych (według Pidek – niepublik.) w każdym ze stanowisk (ryc. 3–5).

Szczątki grzybów

HdV 27 (van Geel 1978). *Bryophytomyces sphagni* (Navashin) Cif., (synonim *Tilletia sphagni*) opisany w licznych publikacjach naukowych, m.in. Bauch 1938; Magyari i in. 2001; Zimny 2014). Grzyb ten jest gatunkiem pasożytującym na torfowcach (*Sphagnum*) (Kuhry 1997; Bauch 1938 za Shumilovskikh i in. 2015). Badania paleoekologiczne jak dotąd wskazują na wyraźną korelację, jaka ma miejsce pomiędzy występowaniem tych dwu taksonów (Magyari i in. 2001). W próbach palinologicznych najczęściej spotykane są zarodniki *Bryophytomyces sphagni*. Prawdopodobnie grzyb ten rozwija się i wytwarza zarodniki w puszkach zarodniowych sporofitu *Sphagnum*, korzystając tym samym z mechanizmu rozprzestrzeniania się zarodników torfowca (Kuhry 1997; Davey, Currah 2006 za Shumilovskikh i in. 2015). Van Geel (1978) w swoich badaniach doszedł do wniosku, iż najliczniej zarodniki *Bryophytomyces sphagni* znajdowane są w puszkach

gatunku *Sphagnum cuspidatum* (nie odnotowano tego zjawiska w przypadku pozostałych gatunków). Zarodniki *Bryophytomyces sphagni* przybierają postać niewielkich, kolistych form o przejrzystej formie i strukturze powierzchni przywodzącej na myśl piłkę nożną (ryc. 2e). Badacz ten zwraca uwagę, że jest to gatunek występujący pospolicie na torfowiskach holocenijskich. Przyjmuje się, że maksimum jego występowania świadczy o transformacji środowiska z suchego w wilgotne, a więc może być traktowany jako wskaźnik podwyższania się poziomu wód na torfowisku (van Geel 1978). Interpretację tę przyjmują również autorzy pracy na temat mikrofosyliów pozapyłkowych na torfowisku wysokim Boorsteler Moor w Dolnej Saksonii w Niemczech (Shumilovskikh i in. 2015).

HdV 13 (van Geel 1978). Ten typ mikrofosyliów w ostatnich latach opisywany jest jako szczątki (zarodnie) grzyba z rodzaju *Desmidiospora* bądź też *Entophlyctis lobata* (Zimny 2014; Shumilovskikh i in. 2015; Fiłoc, Kupryjanowicz 2015). Jak podają Fiłoc i Kupryjanowicz (2015), identyfikacja taksonomiczna HdV 13 jest problematyczna, ponieważ podobnie wyglądające struktury wykształca szereg grzybów (np. *Beltrania*, *Beltraniopsis*, *Beltraniella*, *Ellisiopsis*, *Hemibeltrania*). Większość z nich rozwija się na różnych gatunkach roślin torfowiskowych, m.in. *Scheuchzeria palustris*, *Calluna vulgaris*, *Andromeda polifolia* lub mchów *Polytrichum alpestre* i *Aulacomium palustre* (van Geel, 1978). Yeloff i in. (2007) wskazują na częste współwystępowanie szczątków *Ericaceae* i typu HdV 13 w osadach z torfowisk ombrotroficznych. Zarodnie tych gatunków występują w torfach wszystkich trzech analizowanych stanowisk (ryc. 2a, 2b), pod postacią niewielkich, kolistych i ciemnobrązowych form (sporangiów) o charakterystycznym mocno pofalowanym brzegu i długości do 40 μm . Wymienieni autorzy uważają, że typ HdV 13 jest charakterystyczny dla warunków oligotroficznych. Van Geel (2002) zwraca uwagę, że pojawia się on również w brzeżnych częściach jezior, w obrębie stosunkowo płytkich wód. Zdaniem Kuhry'ego (1985) zauważalny jest widoczny wzrost udziału zarodni *Entophlyctis lobata* w obrębie wilgotnych zbiorowisk bagnicy torfowej (Kuhry 1985 za: Shumilovskikh i in. 2015).

HdV 30 (van Geel 1978). *Helicoon pluriseptatum* charakterystyczny jest dla torfu sfagnowego (Kuhry 1997). Zarodniki tego gatunku występują w osadzie w postaci spiralnych konidiów (wielokrotnie zwiniętych) (ryc. 2f). W zależności od warunków środowiskowych wymiary organizmu są zmienne. Przypuszczalnie, w korzystniejszych dla rozwoju grzyba warunkach środowiska – jego rozmiary są większe (van Geel 1978; van Geel i Middeldorp 1988; Zimny 2014). Kuhry (1997) wskazuje, że obecność HdV 30 w osadzie świadczy o transformacji środowiska ze stosunkowo wilgotnego, mezotroficznego do oligotroficznego.

HdV 8 (van Geel 1978). Prawdopodobnie typ ten odpowiada pasożytniczemu grzybowi z rodzaju *Microthyrium* należącemu do workowców (Zimny 2014, de Klerk i in. 2009). W materiale badawczym zachowują się jego owocniki, cha-

rakteryzujące się zmienną morfologią. Przypuszcza się, że wygląd owocnika jest zależny od gatunku, na którym on pasożytuje (m.in. *Scheuchzeria palustris*, *Eriophorum vaginatum*) (van Geel 1978). Najczęściej owocniki przybierają postać form zbliżonych do okręgu, o średnicy do 100 μm , z zaciemnionym środkiem i pofalowanych brzegach (Shumilovskikh i in. 2015) oraz charakterystycznej prążkowanej powierzchni (ryc. 2d). Obecność owocników *Microthyrium* (a zwłaszcza ich znaczny udział) w osadzie jest świadectwem okresu utrzymywania się warunków suchych bądź oligotroficznycych (de Klerk i in. 2009). Odnajdywany niezbyt często w osadzie wszystkich trzech analizowanych stanowisk (ryc. 3–5), występuje raczej w postaci pojedynczych szczątków. Do podobnych wniosków doszli również inni badacze (m.in. Zimny 2014).

Szczałki pochodzenia zwierzęcego

HdV 37 (van Geel 1978). Gatunek *Habrotracha angusticolis* (Murray) należy do rodziny wrotków (Rotatoria). Szczałki fosylne *Habrotracha angusticolis* występują w osadzie w postaci wydłużonej, kulisto zakończonej skorupki (Warner, Chengalath 1988). Autorzy podają, że jest to gatunek epifityczny, typowy dla siedlisk podmokłych, obecnie często spotykany na torfowiskach sfagnowych i mszystych (Sayre, Brunson 1971 za: Bielańska-Grajner i in. 2011). Podobną opinię wyrażają na ten temat van Geel (1978), Warner, Chengalath (1988) oraz Kuhry (1997), twierdząc, że występowanie *Habrotracha angusticolis* w osadzie świadczy o wilgotnym środowisku. Warner i Chengalath (1988) uważają ponadto, iż *Habrotracha angusticolis* jest gatunkiem równie charakterystycznym dla torfu sfagnowego, jak cała grupa ameb skorupkowych, ponieważ wysoki poziom wilgoci w środowisku jest istotnym determinantem ich występowania. Badania Warnera i Chengalatha (1988) pozwoliły stwierdzić, iż gatunek ten obecny jest przede wszystkim w środowisku umiarkowanie bądź wyraźnie wilgotnym. Z kolei badania Bielańskiej-Grajner i in. (2011) przeprowadzone na torfowiskach w Polsce wskazały na wyraźny związek pomiędzy występowaniem *Habrotracha angusticolis* a dużą zawartością materii organicznej i związków azotu w osadzie. Gatunek ten został zidentyfikowany w dwóch z analizowanych stanowiskach (Durne Bagno, Płotycze), (ryc. 2c, 3, 4).

HdV 28 (van Geel 1978). **Spermatofory** widłonogów (Copepoda – ryc. 2g). Szczałki te są dość dobrze scharakteryzowane, jak do tej pory, w literaturze (Shumilovskikh i in. 2015 i literatura tamże; van Geel 1978). Obecność szczątków tej grupy bezkręgowców w osadzie torfowym świadczy o wilgotnym siedlisku, w którym musiały przynajmniej okresowo występować – otwarta tafla wodna (van Geel 1978; van Geel, Middeldorp 1988; Shumilovskikh i in. 2015).

HdV 191. Szczałki wirków *Turbellaria*, w postaci oocytów zróżnicowanych pod względem morfologicznym, osiągających wymiary od 380 do 580 μ (van

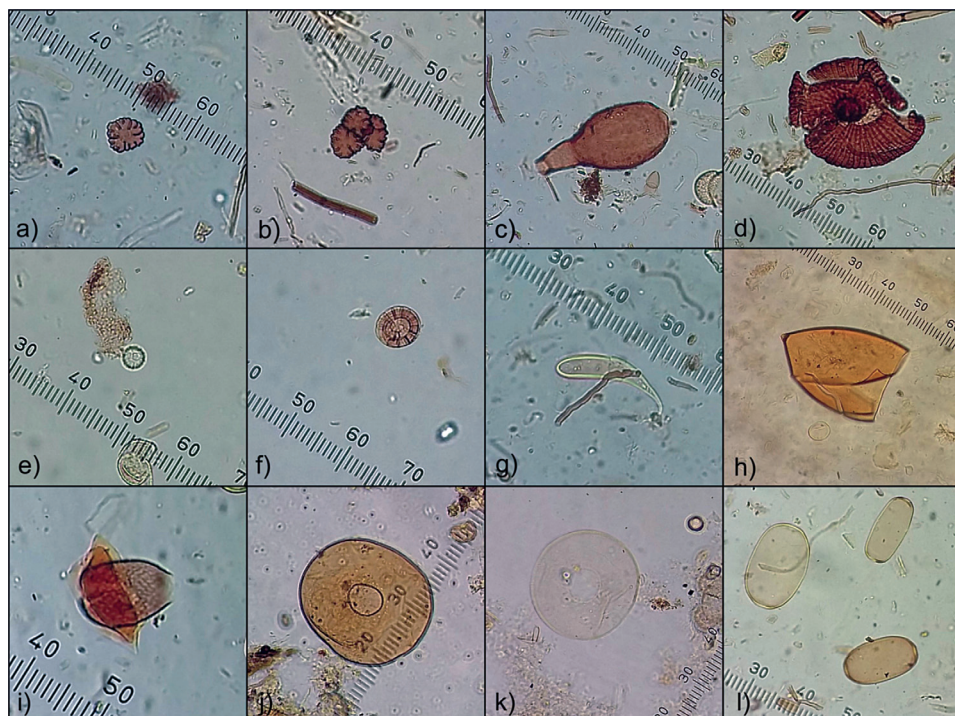
Geel i in. 1982; Haas 1996; Makohonienko 2000), (ryc. 2h). Wirki obejmują gatunki organizmów w większości wolno żyjących, zarówno morskich, jak i słodkowodnych oraz lądowych (Jura 2002). Wybrane gatunki *Turbellaria* są ponadto symbiontami, ekto- i endokomensalami, ale też pasożytami bezkręgowców wodnych. Niezbyt liczne gatunki lądowe zamieszkują mech, wilgotną ziemię lub ściółkę leśną (Jura 2002). Wszystkie spośród gatunków *Turbellaria* są wrażliwe na wysychanie i na warunki tlenowe. Formy wodne są ponadto uwrażliwione na zanieczyszczenia przemysłowe (Jura 2002).

Wśród mikrofosyliów odzwierzęcych wyróżnić można również szczątki ameb skorupkowych. Pomimo że w preparatach palinologicznych skorupki wielu gatunków ulegają destrukcji w wyniku obróbki laboratoryjnej próbek palinologicznych (badania wykazały, iż w preparatach poddanych acetolizie zachowuje się nawet jedynie $\frac{1}{5}$ potencjalnych skorupki ameb) (Hendon, Charman 1997), to jednak z analiz zespołu pozostałych skorupki można wyciągnąć pewne wnioski dotyczące wahań poziomu wody oraz pH (Payne i in. 2012).

Archerella flavum (Archer, 1877; Loeblich, Tappan 1961) jest najczęściej notowaną amebą na preparatach palinologicznych. W starszych publikacjach gatunek ten nazywany jest *Amphitrema flavum* (Clarke 2003; Charman i in. 2000; Mazei, Tsygonow 2009). Opisująca ameba zachowuje się w materiale palinologicznym w postaci wydłużonych, eliptycznych skorupki o długości 50–75 μm , wyposażonych w dwa otwory na przeciwległych końcach (Clarke 2003). Barwa skorupki może być od jasnożółtej do ciemnobrązowej (ryc. 2l). Gatunek ten wykazuje zdecydowanie preferencję do siedlisk wilgotnych (www.arcella.nl), zasiedlając kępy mchów torfowców o wysokości optymalnie około 5,8 cm ponad powierzchnię wody. *Archerella flavum* preferuje siedliska o kwaśnym odczynie (optymalnie o pH 4,05), wykazując słabą tolerancję na zmiany pH (Lamentowicz, Mitchell 2005). Istnieje pozytywna korelacja pomiędzy występowaniem gatunku *Archerella flavum* a zbiorowiskami *Sphagnum* (www.arcella.nl).

Assulina muscorum/*Assulina seminulum* to dwa różne gatunki ameb, niejednokrotnie w analizie palinologicznej traktowane i zliczane jako jeden typ, co wynika z ich dużego podobieństwa. *Assulina muscorum* (Greeff 1888) występuje w postaci wydłużonej, jajowatej skorupki o wymiarach 46–58 x 34–44 μm , spłaszczonej poprzecznie i wyposażonej w pojedynczy, eliptyczny otwór (Charman i in. 2000). Powierzchnia skorupki zaopatrzona jest w regularnie rozmieszczone łuski (Clarke 2003) i przybiera barwę od jasno- do ciemnobrązowej (ryc. 2i). Jest to gatunek kosmopolityczny, wykazujący z reguły wysoką frekwencję w zbiorowiskach mszystych, w tym sfagnowych. W przypadku, gdy mech jest w znacznym stopniu podatny na wysychanie, liczebność tych organizmów zdecydowanie maleje (www.arcella.nl). *Assulina muscorum* występuje także na siedliskach względnie wilgotnych w kierunku suchszych (optymalna wysokość kępy mchu ponad

powierzchnię wody wynosząca 31,5 cm). Gatunek ten jest przeciętnie wrażliwy na zmiany w obrębie pH otoczenia (0,72) preferując siedliska kwaśne (pH 3,92) (Lamentowicz, Mitchell 2005). *Assulina seminulum* (Ehrenberg 1848) zachowuje się w materiale palinologicznym w postaci owalnych, spłaszczonych poprzecznie skorupek o wymiarach 60–90 μm z charakterystyczną dla rodzaju *Assulina* łuskowatą strukturą o regularnym układzie powierzchni, wyposażonych w eliptyczny otwór na jednym z końców (Clarke 2003). Wymagania siedliskowe gatunku *Assulina seminulum* są zbliżone do tych wyrażonych przez gatunek *Assulina muscorum* (Lamentowicz, Mitchell 2005). Warto zaznaczyć, że do wyżej wymie-



Ryc. 2. Typy mikrofosyliów pozapyłkowych (NPP) w torfach ze stanowisk Plotycze, Motycze, Durne Bagno: a) HdV 13 sporangium, b) kolonia HdV 13, c) *Habrotrocha angusticolis* – pancerzyk, d) *Microthyrium* – owocnik, e) *Bryophytophyces sphagni* – zarodnik, f) *Helicoon pluriseptatum* – konidium, g) spermatorfy Copepoda, h) *Turbellaria* – kokon, i) *Assulina muscorum* – skorupka, j) *Arcella arenaria* – skorupka, k) *Arcella discoides* – skorupka, l) skupisko skorupkek *Archerella flavum*. Powiększenie 200 x

Fig. 2. Types of non-pollen microfossils (NPP) in peats from the sites Plotycze, Motycze, Durne Bagno: a) HdV sporangium, b) HdV 13 colony, c) *Habrotrocha angusticolis* – lorica, d) *Microthyrium* – a fruiting-body, e) *Bryophytophyces sphagni* – spore, f) *Helicoon pluriseptatum* – conidium, g) Copepoda spermatophores, h) *Turbellaria* – cocoon, i) *Assulina muscorum* – shell, j) *Arcella arenaria* – shell, k) *Arcella discoides* – shell, l) cluster of *Archerella flavum* shells. Magn. 200 x

nionych ameb bardzo podobny jest gatunek *Assulina scandinavica*. Skorupka *Assulina scandinavica* wyglądem przypomina *Assulina muscorum/seminulum*, ale wyróżnia ją wielkość (od 80 do 120µm) (Clarke 2003).

Rodzaj *Arcella* obejmuje 29 gatunków dość zbliżonych morfologicznie, lecz odmiennych w zakresie wymowy paleoekologicznej. W materiale palinologicznym *Arcella* zachowuje się w postaci spłaszczonych kolistych skorupek wyposażonych w centralnie umieszczony otwór na jednej stronie (ryc. 2j, 2k). Przedstawiciele tej gromady pojawiają się dość licznie w osadach torfowych (najliczniej w torfach mszystych), (np. Hoogenraad, Groot 1979 za: Filoc, Kupryjanowicz 2015).

Poziomy NPPs jako odzwierciedlenie zmian paleohydrologicznych

W rdzeniu Płotycze próbki pobrano z głębokości od 0,05 do 4,90 m (z rozdzielczością co 5 cm), dokonując analizy łącznie 95 próbek. Diagram procentowego udziału poszczególnych taksonów NPPs (ryc. 3) podzielono następnie na 10 poziomów, sygnowanych kolejno od spągu do stropu – Pł-npp 1 – Pł-npp 10. Poziomy od Pł-npp 1 do Pł-npp 3 (3,00–4,90 m) cechuje dominacja glonów *Pediastrum* i *Botryococcus*. W poziomie Pł-npp 1 odznacza się ponadto znaczny udział sporangiów HdV13, natomiast w poziomie Pł-npp 2 (3,55–4,45 m) odnotowano wyraźny wzrost pyłku *Nymphaea sp.* Wskazuje to na istnienie zbiornika jeziornego ze stopniowym obniżaniem się poziomu wody. Poziom Pł-npp 4 (2,25–3,00 m) odznacza się na diagramie za sprawą wyraźnego i gwałtownego wzrostu udziału zarodników *Sphagnum* w osadzie. Podobnie nagle jest pojawienie się zarodników *Bryophytomyces sphagni*. Okres ten interpretować można jako inicjację rozwoju torfowiska wysokiego. Kolejny poziom Pł-npp 5 (2,00–2,25m) to zanik udziału większości mikrofosyliów pozapyłkowych w osadzie. Nie ma tutaj również pyłku roślin wodnych i szuwarowych, natomiast pojawiają się spermatofozy Copepoda i *Habrotricha angusticolis*, które razem mogą wskazywać na podniesienie się poziomu wody i występowanie jej otwartego lustra. W poziomie Pł-npp 6 (1,30–2,00 m) uwidacznia się ponowny wzrost zarodników *Sphagnum* oraz zarodników HdV13 (analogicznie jak w poziomie Pł-npp 4). Sugeruje to dalszy rozwój torfowiska wysokiego. Poziom Pł-npp 7 (0,95–1,30 m) to wciąż wysoki udział zarodników *Sphagnum* (wartości maksymalne dla całego diagram), jednak wyraźny spadek udziału zarodników HdV13. Poziomy Pł-npp 8 (0,65–0,95 m), jak i Pł-npp 9 (0,15–0,65m) to, podobnie jak w poziomie Pł-npp 6, obecność licznych zarodników *Sphagnum* oraz ponowny wzrost HdV13. Tym samym można uznać, iż od poziomu Pł-npp 6 do Pł-npp 9 miało miejsce dalsze formowanie się torfowiska wysokiego z okresowymi wahaniami poziomu wody. Poziom Pł-npp 10 (0,05–0,15 m) ujawnia zanik większości mikrofosyliów po-

zapyłkowych w osadzie, co przypuszczalnie wiąże się z osuszeniem powierzchni torfowiska.

W rdzeniu Durne Bagno próbki pobrano z głębokości od 0,14 do 4,50 m (z rozdzielczością co 2 cm), dokonując analizy łącznie 128 próbek. Diagram procentowego udziału poszczególnych taksonów NPPs (ryc. 4) podzielono następnie na 10 poziomów NPP, sygnowanych kolejno od spągu do stropu – DB-npp 1 – DB-npp 10 (ryc. 4).

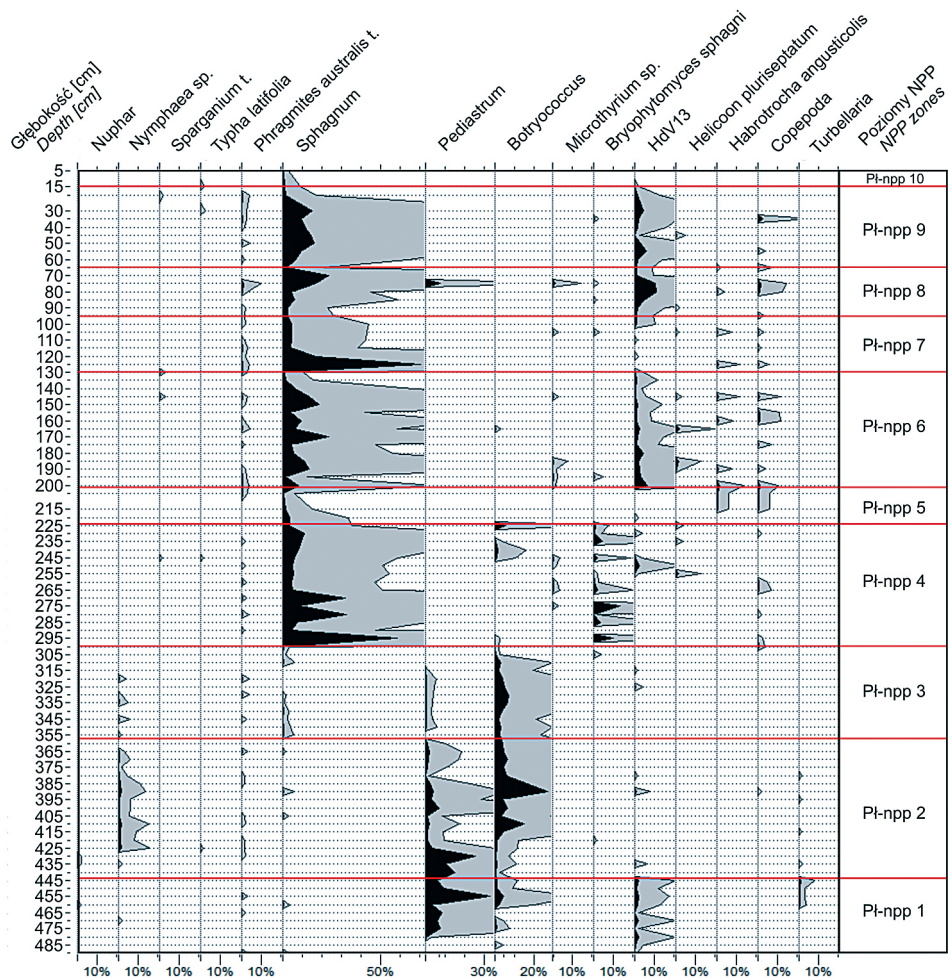
Poziom DB-npp 1 (4,10–4,50 m) cechuje się znacznym udziałem glonów z rodzajów *Pediastrum* i *Botryococcus* oraz liczną reprezentacją pyłku roślin szuwarowych (*Typha latifolia*, *Phragmites australis* t., *Sparganium* t.), co wskazuje na funkcjonowanie płytkiego zbiornika jeziornego. Poziomy od DB-npp 2 do DB-npp 10 wykazują na ogół bardzo wysokie, ale niejednokrotnie bardzo zmienne wartości procentowe zarodników *Sphagnum*, którym towarzyszy również zmienny udział HdV 13. W DB-npp 2 (3,54–4,16 m) odzwierciedlony jest początek formowania się torfowiska, które następnie przechodzi fazę uwilgotnienia (DB-npp 3; głęb. 2,96–3,54 m) zaznaczoną wzrostem udziału *Habrotricha angusticolis*. Uwilgotnienie nasila się prawdopodobnie w kolejnym poziomie (DB-npp 4; głęb. 2,14–2,96 m). W młodszej części tego poziomu uwidocznił się z kolei maksimum udziału *Bryophytomyces sphagni*, co może wskazywać na zdecydowane uformowanie się torfowiska wysokiego. Kolejny poziom DB-npp 5 (głęb. 1,68–2,14 m) cechuje się znacznym zmniejszeniem liczby zarodników *Helicoon pluriseptatum*, sporangiów HdV13, pancerzyków *Habrotricha angusticolis*, natomiast pojawiają się w nim spermatofory Copepoda i ponownie pyłek *Typha latifolia* oraz glon *Botryococcus*. Całość zmian w spektrum NPPs wskazuje na podniesienie się poziomu wody i obecność otwartego jej lustra. Poziom DB-npp 6 (1,36–1,68 m) cechuje się ponownym wzrostem wartości *Sphagnum* i HdV13, przy utrzymującym się znacznym udziale spermatoforów Copepoda. Wartości trzech wymienionych taksonów spadają w kolejnym poziomie DB-npp 7 (0,94–1,36m), wskazując na nieco suchsze warunki w porównaniu do poziomu DB-npp 6. Poziom DB-npp 8 (0,46–0,94 m) charakteryzuje się wzrostem udziału *Sphagnum* i zanikiem *Helicoon pluriseptatum*. Ponownie natomiast pojawia się pyłek *Sparganium* t., a udział spermatoforów Copepoda utrzymuje się od poprzedniego poziomu. Całość przemian w spektrum NPP wskazuje na ponownie podniesienie się poziomu wody, która to tendencja utrzymuje się w kolejnym poziomie (DB-npp 9 (0,18–0,46m). Ostatni poziom DB-npp 10 (0,14–0,18 m) z wysokimi wartościami *Bryophytomyces sphagni*, HdV13, *Helicoon pluriseptatum* i kilku innych taksonów wskazuje na znacznie suchsze warunki na torfowisku.

W rdzeniu Mytycze analizowano próbki z głębokości od 0,05 do 1,05 m (pobrane z rozdzielczością co 5 cm). Łącznie policzono 45 próbek. Diagram (ryc. 5) podzielono następnie na 7 poziomów NPP, sygnowanych kolejno od spągu do stropu – Mt-npp 1 – Mt-npp 7 (ryc. 5).

Spągowy odcinek obejmuje trzy poziomy (od Mt-npp 1 do Mt-npp 3), których wspólną cechą jest znaczny udział glonów z rodzaju *Pediastrum*, *Botryococcus*. W Mt-npp 1 (0,95–1,05 m) zwraca ponadto uwagę obecność pyłku *Myriophyllum spicatum* i *Typha latifolia*. W Mt-npp2 (0,80–0,95 m) maksima osiągają wartości *Typha latifolia*, *Nymphaea* sp. i *Botryococcus*, natomiast pojawia się HdV13. W Mt-npp 3 (0,70–0,80 m) odnotowuje się spadek udziału wszystkich wymienionych uprzednio taksonów, natomiast pojawia się ciągła krzywa procentowa *Sphagnum*. Całość przemian paleohydrologicznych, poczynając od Mt-npp 1 do schyłku Mt-npp 3, wskazuje na okres przejścia od warunków limnicznych do formowania się torfowiska. Poziom Mt-npp 4 (0,40–0,70 m) cechuje się maksymalnymi wartościami *Sphagnum* i znacznym udziałem sporangiów HdV13. Po raz pierwszy pojawiają się *Microthyrium* sp., *Helicoon pluriseptatum* i spermatorfory Copepoda. Spektrum NPP odzwierciedla fazę uformowania się torfowiska wysokiego, które w kolejnym poziomie (Mt-npp 5; 0,25–0,40 m) ulega podtopieniu. Odzwierciedla się to we wzroście wartości pyłku roślin szuwarowych, spadku *Sphagnum* i wzroście HdV13. Zanika całkiem *Helicoon pluriseptatum*, *Bryophytomyces sphagni* i spermatorfory Copepoda. Kolejny poziom Mt-npp 6 (0,15–0,25 m) z wysokim udziałem *Sphagnum*, spadkiem HdV13 i początkowym powrotem *Helicoon pluriseptatum*, a w młodszej części poziomu – spermatorfów Copepoda, odzwierciedla powrót torfowiska wysokiego ze zmiennym poziomem wody. Ostatni z poziomów (Mt-npp 7; głęb. 0,05–0,15 m) cechuje się spadkiem zdecydowanym wartości zarodników *Sphagnum* i zarodni HdV13 oraz wyraźnym wzrostem udziału *Helicoon pluriseptatum* (maksimum w diagramie).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

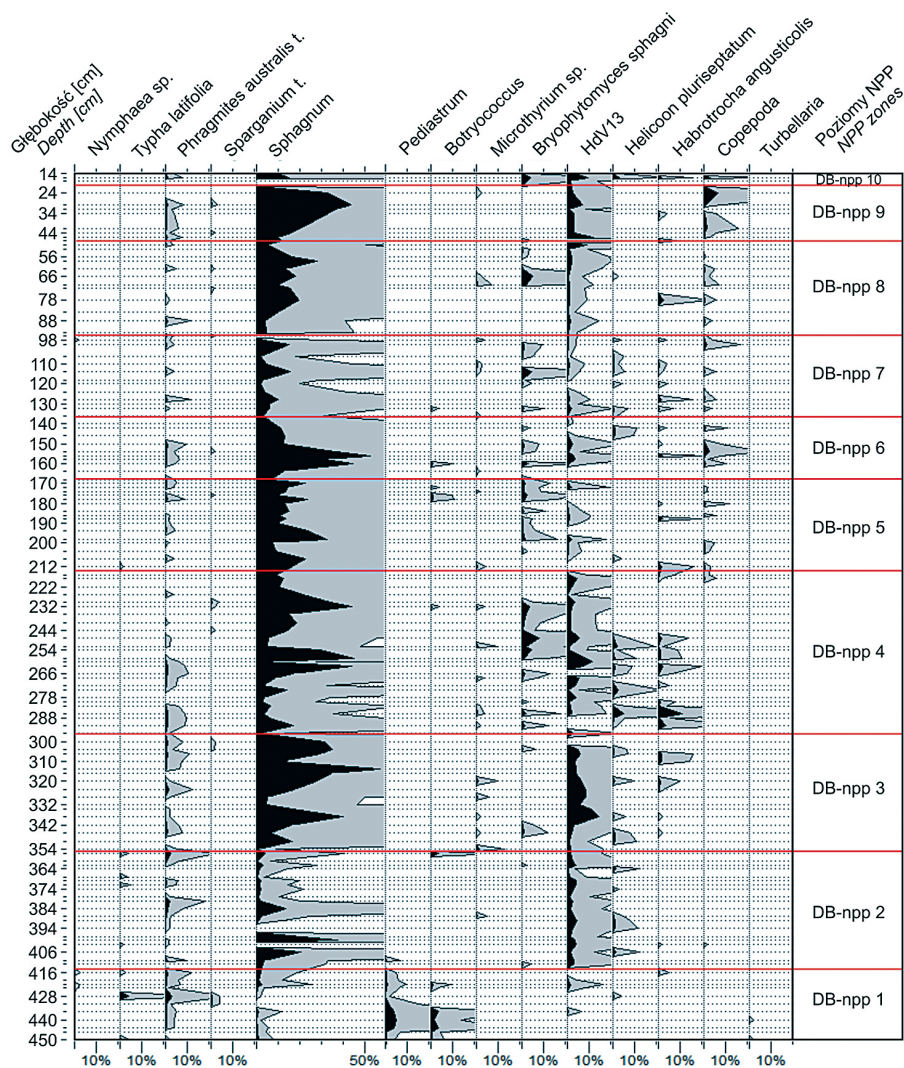
Obecność ameb skorupkowych w archiwalnych próbkach palinologicznych Bałagi (2007) z torfowiska Durne Bagno stanowiła przesłankę do podjęcia szczegółowych studiów nad typami mikrofosyliów pozapyłkowych występujących na Polesiu Lubelskim. Ameby skorupkowe mogą bowiem stanowić nawet do 30% biomasy organizmów torfowisk wysokich (Lamentowicz i in. 2010). W próbkach palinologicznych zachowują się tylko nieliczne gatunki o najtrwalszej, chitynowej skorupce, takie jak *Amphitrema flavum* i *Assulina muscorum*, które nie ulegają destrukcji w trakcie acetolizy Erdtmanna. Ponadto, zdaniem Lamentowicza i in. (2010), dane uzyskane na podstawie analizy ameb z preparatów palinologicznych nie są wystarczające, aby móc właściwie nakreślić zmiany w paleohydrologii stanowiska, uwzględniając ich następstwo i tempo, i dopiero pełna analiza ameb skorupkowych daje taką możliwość. Obok ameb skorupkowych, najczęściej występującymi mikrofosyliami pozapyłkowymi są pozostałości grzybów. Mikrofosylia grzybów obejmują szereg gatunków o zróżnicowanej wymowie ekologicznej.



Ryc. 3. Procentowy diagram udziału zespołów NPP w próbkach palinologicznych profilu Płotyce na tle zmienności głównych taksonów roślin wodnych i szuwarowych (wg Pidek – niepublik.)

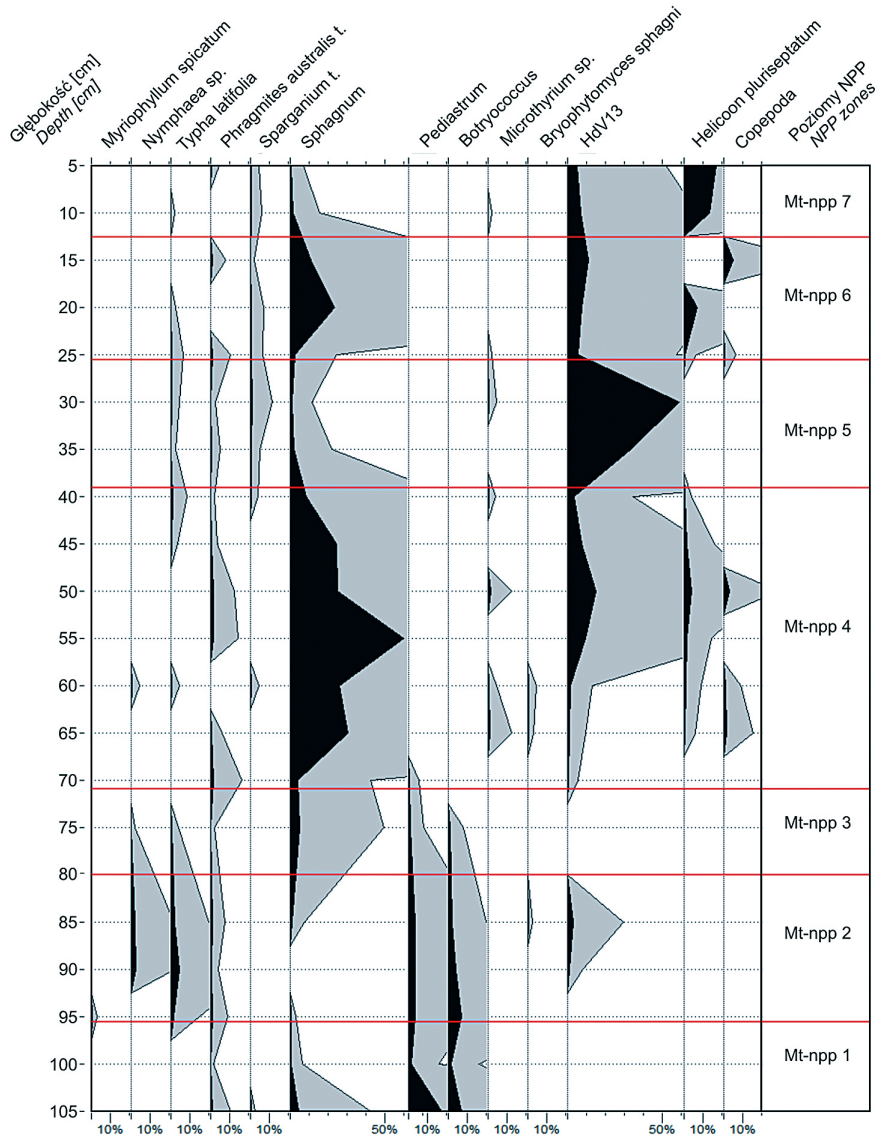
Fig. 3. Per cent diagram of the NPP associations share in palynological samples of the Płotyce profile against the background of variability of water and rush plants main taxons (acc. to Pidek – non-published)

Analiza mikroskopowa próbek palinologicznych w profilach Płotyce, Mytyce i Durne Bagno ujawniła obecność 12 typów NPPs o istotnej wymowie paleohydrologicznej. Praca jest pierwszym opracowaniem obejmującym rozpoznanie typów ameb skorupkowych i innych mikrofosyliów pozapyłkowych (NPPs) z terenu Polesia Lubelskiego, które znaleziono w próbkach palinologicznych trzech torfowisk. W pracy uwzględniono typy NPPs ważne z punktu widzenia interpreta-



Ryc. 4. Procentowy diagram udziału zespołów NPP w próbkach palinologicznych profilu Durne Bagno na tle zmienności głównych taksonów roślin wodnych i szuwarowych (wg Pidek – niepublik.)

Fig. 4. Per cent diagram of the NPP associations share in palynological samples of the Durne Bagno profile against the background of variability of water and rush plants main taxa (acc. to Pidek – non-published)



Ryc. 5. Procentowy diagram udziału zespołów NPP w próbkach palinologicznych profilu Moty-cze na tle zmienności głównych taksonów roślin wodnych i szuwarowych (wg Pidek – niepublik.)

Fig. 5. Per cent diagram of the NPP associations share in palynological samples of the Moty-cze profile against the background of variability of water and rush plants main taxons (acc. to Pidek – non-published)

cji paleohydrologicznych. Były to mikrofosylia pochodzenia grzybowego: HdV 13, *Helicoon pluriseptatum*, *Bryophytomyces sphagni*, *Microthyrium* sp. oraz pochodzenia zwierzęcego: *Habrotrocha angusticolis*, spermatorfory Copepoda, *Turbellaria* i ameby skorupkowe jak m.in. *Assulina muscorum*, *Arcella artocrea*, *Arcella discoides*, *Archerella flavum*.

Przedstawiciele tych samych typów mikrofosyliów pozapyłkowych są powszechnie obecni w torfowiskach Niziu Europejskiego (m.in. van Geel i in. 2003; Magyari i in. 2001; Shumilovskikh i in. 2015; Fiłoc, Kupryjanowicz 2015). Większość z nich stanowią bowiem gatunki występujące w torfowiskach na świecie (m.in. ameby skorupkowe).

Wytypowane do analizy mikrofosylia pozapyłkowe zidentyfikowane w profilach osadów torfowych z Polesia Lubelskiego mają istotną wartość bioindykacyjną jako wskaźniki zmian hydrologicznych w czasie rozwoju tych torfowisk. Diagramy procentowego udziału poszczególnych typów NPPs (ryc. 3–5) pozwoliły prześledzić ewolucję badanych obiektów torfowiskowych od momentu funkcjonowania zbiornika jeziornego, poprzez jego zarastanie, aż do wykształcenia się torfowiska i jego funkcjonowania w warunkach różnej wilgotności. Scharakteryzowano fazy wilgotne i suchsze wraz z odpowiadającymi im poziomami NPPs. Liczba tych poziomów wynosiła od 7 (stanowisko Mytycze) do 10 (Durne Bagno, Płotycze). Największą zmienność warunków uwilgotnienia odnotowano na torfowisku Durne Bagno.

Analiza mikrofosyliów pozapyłkowych ma dużą wartość paleorekonstrukcyjną, a uzupełnienie jej o dane z pełnej (przeprowadzonej o odrębną metodykę analityczną) analizy ameb skorupkowych pozwoli na uzyskanie cennych wniosków.

LITERATURA

- Antipushina Z., Szeroczyńska K., Zawisza E., 2012: *Algal and invertebrate microfossil assemblages from lake sediments in the reconstruction of past community dynamics – preliminary information*, *Studia Quaternaria*, 29, 53–58.
- Avi E., (red.), 2015: *Paleoenvironmental reconstructions using non-pollen palynomorphs and sub-fossil Cladocera*, *Studia Quaternaria*, 32, 57.
- Bałaga K., 1982: *Vegetational history of the Lake Łukcze environment (Lublin Polesie, E. Poland) during the Late-Glacial and Holocene*, *Acta Palaeobotanica*, 22 (1), 7–22.
- Bałaga K., 2007a: *Changes in the natural environment recorded in the sediments of the Karaśne lake-mire complex (Lublin Polesie, E Poland)*, *Geochronometria*, 29, 1–21, DOI 10.2478/v10003-007-0032-z.
- Bałaga K., 2007b: *Transformation of lake ecosystem into peat bog and vegetation history based on Durne Bagno mire (Lublin Polesie, E Poland)*, *Geochronometria*, 29, 22–43, DOI 10.2478/v10003-007-0033-y.

- Bałała K., Pidek I., Rodzik J., 1992: *Preliminary studies on vegetational changes since Late Glacial times at the peat bog near Moszne Lake (Lublin Polesie, E Poland)*, Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, 107, 319–330.
- Bałała K., Rodzik J., Dobrowolski R., 2006: *Późnoplejstocenińska i holocenińska ewolucja torfowiska Durne Bagno (Polesie Lubelskie, Przegląd Geologiczny, 54(1), 68–72.*
- Bałała K., Szeroczyńska K., Taras H., Magierski J., 2002: *Natural and anthropogenic conditioning of the development of Lake Perespilno (Lublin Polesie) in the Holocene*, *Limnological Review*, 2, 15–27.
- Basumatary S.K., McDonald H.G., Gogoi R., 2017: *Pollen and non-pollen palynomorph preservation in the dung of the Greater One-horned Rhino (Rhinoceros unicornis), and its implication to palaeoecology and palaeodietary analysis: A case study from India*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 244, 153–162, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.05.004>.
- Bauch R., 1938: *Über die systematische Stellung von Tilletia Sphagni Nawaschin. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, Blackwell Publishing Ltd, 1438–8677.
- Bieleńska-Grajner I., Cudak A., Mieczan T., 2011: *Epiphytic Rotifer Abundance and Diversity in Moss Patches in Bogs and Fens in the Polesie National Park (Eastern Poland)*, *International Review of Hydrobiology*, 96, 2011(1), 29–38.
- Blaauw M., Mauquoy D., 2012: *Signal and variability within a Holocene peat bog — Chronological uncertainties of pollen, macrofossil and fungal proxies*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 186, 5–15, DOI: 10.1016/j.revpalbo.2012.06.005.
- 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*, 150, 125–136.
- Borowiec J., 1990: *Torfowiska regionu lubelskiego*, PWN, Warszawa, 348.
- 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, 148.
- 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*, The Freshwater Biological Association, 40.
- Cook E.J., van Geel B., van der Kaars S., van Arkel J., 2011: *A review of the use of non-pollen palynomorphs in palaeoecology with examples from Australia*, *Palynology*, 35 (2), 155–178.
- Cugny C., Mazier F., Galop D., 2010: *Modern and fossil non-pollen palynomorphs from the Basque mountains (western Pyrenees, France): the use of coprophilous fungi to reconstruct pastoral activity*, *Vegetation History and Archaeobotany*, 19, 391–408, DOI 10.1007/s00334-010-0242-6.
- Davey M.L., Currah R.S., 2006: *Interactions between mosses (Bryophyta) and fungi*, *Canadian Journal of Botany* 84, 1509–1519, <https://doi.org/10.1139/b06-120>.
- Dawidek J., Michalczyk Z., Szwajgier 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.
- Demske D., Tarasov P.E., Nakagawa T., Suigetsu 2006 Project Members, 2013: *Atlas of pollen, spores and further non-pollen palynomorphs recorded in the glacial-interglacial late Quaternary sediments of Lake Suigetsu, central Japan*, *Quaternary International*, 290–291, 164–238, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.02.002>.
- Dobrowolski R., 1998: *Strukturalne uwarunkowania rozwoju współczesnej rzeźby krasowej na międzyrzeczu środkowego Wieprza i Bugu*, Wyd. UMCS, Lublin.

- Dobrowolski R., Ziółek M., Bałaga K., Melke J., Bogucki A., 2010: *Radiocarbon age and geochemistry of the infillings of small closed depressions from Western Polesie (Poland SE, Ukraine NW)*, *Geochronometria*, 36, 39–46, <https://doi.org/10.2478/v10003-010-0010-8>.
- Faber A.H., Kooijman A.M., Brinkkemper O., van der Plicht J., van Geel B., 2016: *Palaeoecological reconstructions of vegetation successions in two contrasting former turbaries in the Netherlands and implication for conservation*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 233, 77–92, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2016.07.007>.
- Faegri K., Iversen J., 1989: *Textbook of Pollen Analysis*, IV Edition, Faegri K., Kaland P.E. and Krzywinski K., J.Wiley and Sons, Chichester.
- Filoc M., Kupryjanowicz M., 2015: *Non-pollen palynomorphs characteristic for dystrophic stage of humic lakes in the Wigry National Park, Poland*, *Studia Quaternaria*, 32 (1), 31–41.
- Garneau M., 1987: *Reconstitution paléocéologique d'une tourbière littorale de l'estuaire du Saint-Laurent : analyse macrofossile et sporopollinique*, *Géographie physique et Quaternaire*, 41 (1), 109–125.
- Geel B. van, 1978: *A paleoecological study of holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25, 1–120.
- Geel B. van, 2002: *Non-pollen palynomorphs*, [w:] J. P. Smol in., 2002: *Tracking environmental change using lake sediments*, 3. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators. Kluwer Academic Publishers, 99–119.
- Geel B. van, Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G., Hakbijl T., 2003: *Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi...*, *Journal of Archaeological Science*, 30, 873–883.
- Geel B. van, Hallewas D.P., Pals J.P., 1982: *A late holocene deposit under the Westfriese Zeedijk near Enkhuizen (prov. of Noord-Holland, the Netherlands): paleoecological and archaeological aspects*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 38, 269–335.
- Geel B. van, Middeldorp A.A., 1988: *Vegetational history of Carbury Bog (Co. Kildare, Ireland) during the last 850 years and a test of the temperature indicator value of $^2\text{H}/\text{H}$ measurements of peat samples in relation to historical sources and meteorological data*, *New Phytologist* 109, 377–392.
- Gelorini V., Verbeken A., van Geel B., Cocquyt C., Verschuren D., 2011: *Modern non-pollen palynomorphs from East African lake sediments*, *Review of Palaeobotany and Palynology* 164, 143–173, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2010.12.002>.
- Goslar T., Bałaga K., Arnold M., Tisnerat N., Starnawska E., Kuźniarski M., Chróst L., Walanus A., Więckowski K. 1999a: *Climate-related variations in the composition of the Lateglacial and Early Holocene sediments of Lake Perespilno (eastern Poland)*, *Quaternary Sciences Reviews*, 18, 899–911, [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00004-9).
- Goslar T., Ralska-Jasiewiczowa M., van Geel B., Łącka B., Szeroczyńska K., Chróst L., Walanus A., 1999b: *Anthropogenic changes in the sediment composition of Lake Gościąg (central Poland), during the last 330 yrs*, *Journal of Paleolimnology*, 22, 171–185.
- Haas J. N., 1996: *Neorhabdocoela oocytes – palaeoecological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91, 371–382.
- Harasimiuk M., Wojtanowicz J., 1998: *Budowa geologiczna i rzeźba terenu Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego*, [w:] M. Harasimiuk, 1998: *Jeziora łęczyńsko-włodawskie, Monografia przyrodnicza*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin, 41–53.
- Hendon D., Charman D., J., 1997: *The preparation of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) samples from peat*, *The Holocene*, 7 (2), 199–205.

- Jarosz J., Suchora M., Piróg A., 2015: *Wykorzystanie analizy ameb skorupkowych do rekonstrukcji zmian hydrologii stanowiska Płotycze koło Sobiboru*, Annales UMCS, LXX, (2), B, 45–61.
- Jura C., 2002: *Bezkregowce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 524.
- Klerk P. de, Donner N., Joosten H., Karpov N.S., Minke M., Seifert N., Theuerkauf M., 2009: *Vegetation patterns, recent pollen, deposition and distribution of non-pollen palynomorphs in a polygon mire near Chokurdakh (NE Yakutia, NE Siberia) and climate change during last ca 1250 years*, Quaternary Science Reviews, 30, 3013–3031.
- Klerk P. de, Theuerkauf M., Joosten H., 2017: *Vegetation, recent pollen deposition, and distribution of some non-pollen palynomorphs in a degrading ice-wedge polygon mire complex near Pokhodsk (NE Siberia), including size-frequency analyses of pollen attributable to Betula*, Review of Palaeobotany and Palynology 238, 122–143.
- Kuhry P., 1997: *The palaeoecology of a treed bog in western boreal Canada: a study based on microfossils, macrofossils and physico-chemical properties*, Review of Palaeobotany and Palynology, 96, 183–224.
- 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, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.05.054>.
- 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, doi:10.1016/j.palaeo.2008.04.023.
- 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, 38, 214–229, DOI 10.1111/j.1502-3885.2008.00047.x.
- Lamentowicz M., Jęsko 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 A. D., 2005: *The ecology of testate amoebae (Protists) in Sphagnum in North-western Poland in relation to peatland ecology*, Microbial Ecology, 50, 48–63.
- Latałowa M., 2007: *Gospodarka człowieka w diagramach pyłkowych*, [w:] M. Makohonienko, D. Makowiecki, Z. Kurnatowska (red.), 2007: *Środowisko – Człowiek – Cywilizacja*, t. 1. *Seria wydawnicza Stowarzyszenia Archeologii Środowiskowej. Studia interdyscyplinarne nad środowiskiem i kulturą człowieka w Polsce*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Linden M. van der, Kooistra L., Stefan S. (red.), 2012: *Non-pollen Palynomorphs as Relevant Indicators in Palaeoecology and Archaeobotany*, Review of Palaeobotany and Palynology, 186, 1–162, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.09.002>.
- López Sáez J.A., López García P., Sánchez M.M., 2002: *Palaeoecology and Holocene environmental change from a saline lake in South-West Spain: protohistorical and prehistorical vegetation in Cádiz Bay*, Quaternary International, 93–94, 197–206, [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(02\)00018-6](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(02)00018-6).
- Magyari E., Sümegei P., Braun M., Jakab G., Molnár M., 2001: *Retarded wetland succession: anthropogenic and climatic signals in a Holocene peat bog profile from north-east Hungary*, Journal of Ecology, 89, 1019–1032.

- Makohonienko M., 2000: *Przyrodnicza historia Gniezna*, Homini, Prace Zakładu Biogeografii i Paleoekologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, 1, Poznań, 123.
- Marcisz K., Lamentowicz Ł., Słowińska S., Słowiński M., Muszak W., Lamentowicz M., 2014: *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., Słowinski 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, <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.01.019>
- Mazei Y., Tsyganov A.N., 2006: *Freshwater Testate Amoebae*, KMK, Moscow, 302.
- Mazurkiewicz-Zapałowicz K., Okuniewska-Nowaczyk I., 2015: *Mycological and palynological studies of early medieval cultural layers from strongholds in Pszczew and Santok (western Poland)*, Acta Mycologica, 50(1):1059, 1–10.
- Michalczyk Z., Wilgat T., 1997: *Stosunki wodne Lubelszczyzny*, Wyd. UMCS, Lublin, 167.
- Miola A., 2012: *Tools for Non-Pollen Palynomorphs (NPPs) analysis: A list of Quaternary NPP types and reference literature in English language (1972–2011)*, Review of Palaeobotany and Palynology 186, 142–161, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.06.010>.
- Montoya E., Rull V., van Geel B., 2010: *Non-pollen palynomorphs from surface sediments along an altitudinal transect of the Venezuelan Andes*, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 297, 169–183, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.07.026>.
- Nalepka D., Walanus A., 2003: *Data processing in pollen analysis*, Acta Palaeobotanica, 43, 1: 125–134
- Payne R. J., Lamentowicz M., van der Knaap W. O., van Leeuwen J. F. N., Mitchell E. A. D., Mazei Y., 2012: *Testate amoebae in pollen slides*, Review of Palaeobotany and Palynology, 173, 68–79, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2011.09.006>.
- 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.
- 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 Płotycze Sobiborskie*, Praca magisterska, Katedra Hydrobiologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.
- Radwan S. (red.), 2002: *Poleski Park Narodowy, monografia przyrodnicza*, Wyd. Morspol, Lublin, 272.
- Ralska-Jasiewiczowa M., Latałowa M., Wasylkowa K., Tobolski K., Madeyska E., Wright H.E., Jr, Turner H. (red.), 2004: *Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps*, Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 444.
- Revelles J., Burjachs F., van Geel B., 2016: *Pollen and non-pollen palynomorphs from the Early Neolithic settlement of La Draga (Girona, Spain)*, Review of Palaeobotany and Palynology, 225, 1–20, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2015.11.001>.
- Szal M., Kupryjanowicz M., Wyczółkowski M., 2015: *Anthropogenic transformation of the vegetation in the immediate vicinity of the settlement complex at Poganowo (Mrągowo Lakeland, NE Poland)*, Studia Quaternaria, 32 (1): 19–29.
- Shumilovskikh L. S., Schlütz F., Achterberg I., Bauerochse A., Leuschner H. H., 2015: *Non-pollen palynomorphs from mid-holocene peat of the raised bog Borsteler Moor (Lower Saxony, Germany)*, Studia Quaternaria, 32 (1), 5–18. DOI: 10.1515/squa-2015-0001.

- Solis M., 2012: *Wpływ Kanalu Wieprz na właściwości fizyczno-chemiczne i biologiczne wód w wybranych zbiornikach retencyjnych*, Inżynieria Ekologiczna, 29, 182–191.
- Superson J., Szwejgier W., 2003: *Natural and anthropogenic conditioning of the changes of the shoreline of Brudno, Brudzieniec and Płotyżcze 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, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.02.004>.
- Väiranta 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, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.05.024>.
- Volik O., McCarthy F.M.G., Riddick N., 2016: *Insights from pollen, non-pollen palynomorphs and testate amoebae into the evolution of Lake Simcoe*, J. Paleolimnol, 56, 137–152.
- Warner B.G., Chengalath R., 1988: *Holocene fossil Habrotrocha angusticollis (Bdelloidea: Rotifera) in North America*, Journal of Palaeolimnology 1, 141–147.
- Wilgat T., 1954: *Jeziora łęczyńsko-włodawskie*, Annales UMCS, B, 8, 37–122.
- Wilgat T., 1998: *Wody Lubelszczyzny*, Seria Środowisko Przyrodnicze Lubelszczyzny. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 76.
- Willemsen J., van't Veer R., van Geel B., 1996: *Environmental change during the medieval reclamation of the raised-bog area Waterland (The Netherlands): a palaeophytosociological approach*, Review of Palaeobotany and Palynology, 94, 75–100, [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(96\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(96)00005-X).
- Yeloff D., Charman D., van Geel B., Mauchuooy D., 2007: *Reconstruction of hydrology, vegetation and past climate change in bogs using fungal microfossils*, Review of Palaeobotany and Palynology, 146, 102–145, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2007.03.001>.
- Zimny M., 2014: *Późnooloczeńska historia roślinności Puszczy Białowieskiej*, Rozprawa doktorska wykonana w Katedrze Ekologii Roślin Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, manuskrypt.
- Żurek S., 2010: *Metody badań osadów bagiennych*, Landform Analysis, 12, 137–148. www.arcella.nl
- http://naszalubelszczyzna.pl/galeria_20120421.htm.

SUMMARY

This article is the first approach analyzing the non-pollen palynomorphs types (NPP) occurring in palynological samples from the peats profiles of the Lublin Polesie region, which are substantial bioindicators of paleohydrological changes in the Holocene. The analysis of NPP was made in peat samples from three sites: Płotyżcze, Mytycze and Durne Bagno. A dozen or so NPPs types have been described, among which there were microfossils of animal origin: *Habrotrocha angusticollis*, Copepoda spermatophores, Turbellaria and testate amoebae: (*Assulina muscorum*, *Arcella artocrea*, *Arcella discoides*, *Archerella flavum*) and also microfossils of fungal origin: *Microthyrium*, HdV 13, *Helicoon pluriseptatum*, *Bryophytophyces sphagni*. Diagrams of percentage participation of NPPs in the three profiles (Figs. 3–5) allowed to distinguish NPPs zones with variable participation of particular types of NPPs and to interpret them against the background of selected pollen types of

water and rush vegetation as well as *Sphagnum* spores for paleohydrological changes. The highest variability of paleohydrological conditions was recorded in the Durne Bagno peat bog. The same types of non-pollen palynomorphs are common in peat bogs of the European Lowlands. Most of them are cosmopolitan species. Identified NPPs in peat bogs of the Lublin Polesie are in accordance with the descriptions provided by the international determination keys.