

Analiza makroszcątkowa w badaniach paleolimnologicznych

Grzegorz Kowalewski

Zakład Biogeografii i Paleoekologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań
e-mail: ichtys@amu.edu.pl

The pioneer studies of fossil plants in Quaternary sediments were made using plant macrofossils.

Hilary H. Birks (1980)

The raw materials of paleolimnology are size and shape of the basins and the nature of the sediments they contain. [...] The remains of plant and animals in the sediments and their quantitative relationships give us insight into the biotas existing at various times in the past, and from these much can be deduced concerning the whole complex of ecological interrelationships.

David G. Frey (1964)

Wstęp

Zamierzeniem niniejszej pracy przeglądowej jest wykazanie użyteczności analiz makroszcątkowych osadów jeziornych w odtwarzaniu dziejów jezior, zarówno tych już złądowaconych, jak i jeszcze funkcjonujących. Nie jest możliwe zaś, prognozowanie tendencji rozwojowych istniejących zbiorników wodnych bez poznania ich dziejów i określenia tempa zachodzących przeobrażeń, wynikających ze zmian klimatycznych i naturalnych tendencji do tzw. „starzenia się” tych akumulacyjnych układów ekologicznych, których przeobrażenia podczas ostatnich kilkuset lat uległy znacznemu przyspieszeniu. Jezioro, jak każdy ekosystem, podlega sukcesji, przechodząc w swej historii przez poszczególne hydroserię, aż do całkowitego zniknięcia. Rozpoznanie wzorca tych przemian, podobnie jak to zostało w znacznym stopniu już wykonane dla ekosystemów torfowiskowych (por. np. Rybniček 1973, Tobolski 2000), ma duże znaczenie dla poznania funkcjonowania jezior współczesnych.

Nie jest zamiarem autora wyczerpujące przedstawienie wszystkich prac prezentujących wyniki badań makroszcątkowych osadów polskich jezior, gdyż wymagałoby to osobnego podręcznika. Jest to jedynie próba zarysowania bogactwa możliwych zastosowań analizy makroszcątkowej w badaniach paleolimnologicznych i limnologicznych. Jeśli stanie się ona jednak, chociaż punktem wyjścia do szerszej, mam nadzieję, dyskusji o zadaniach i możliwościach analizy makrofosyliów w badaniach jezior, cel pracy zostanie osiągnięty. Zasadniczo ograniczono się do przykładów z badań polskich, jedynie w przypadku omawiania me-

tod, podręczników, kluczy identyfikacyjnych i niektórych zastosowań przytoczona została literatura zagraniczna.

Cytowane prace nie są w pełni reprezentatywne dla wykonywanych w Polsce analiz makroszcątkowych. Wynika to z faktu, że głównym obszarem zastosowań takich badań są osady torfowiskowe i stanowiska archeologiczne, w przedłożonym opracowaniu sięgano zaś, przede wszystkim, do opracowań osadów jeziornych. Te z kolei, w genetycznej klasyfikacji torfów (Tołpa, Jasnowski, Pałczyński 1967, por. Tobolski 2000), zgromadzono zaledwie w jednym (spośród 22) typie torfu (niskiego) – Potamioni, który można utożsamiać z gytią grubodetrytusową. W istocie, ten typ osadów jeziornych, obok osadów spągowych (tzw. torfu bazalnego) jest w największym stopniu właściwym dla analizy makroszcątków roślinnych. W niniejszym artykule jednakże, zakres analiz makroszcątkowych nie został ograniczony do znalezisk li tylko roślinnych, a na takich opiera się genetyczna klasyfikacja torfów. Przedmiotem analiz o metodyce bardzo podobnej do stosowanej w badaniach makrofosyliów roślinnych są różnego rodzaju znaleziska zwierzęce, w jakie obfitują, z kolei, wszystkie typy osadów jeziornych. Zastosowanie tychże w naszej rodzimej paleolimnologii jest natomiast, na tle literatury światowej, reprezentowane niedostatecznie.

Tak więc, genetyczna klasyfikacja torfów i stosowany w niej typ torfu Potamioni, są zaledwie punktem wyjścia do interesujących nas analiz osadów jeziornych. Może zresztą, należałoby bardziej użyć sformułowania „punktem wyjścia”, bowiem depozycja gytii grubodetrytusowej jest oznaką schyłkowej fazy życia jeziora.

Analizy makroszczątkowe znajdują więc punkt styżny z badaniami torfowisk, najczęściej zresztą limnogenicznymi. Innym, ważnym obszarem nakładania się obszarów zainteresowań naukowych są badania sukcesyjne hydroser, gdzie omawiana tu dziedzina wiedzy spotyka się z ekologią biocenoz wodnych i bagiennych, oferując wielkie możliwości poznawcze. Nigdzie bowiem tak precyzyjnie, w tak długiej skali czasowej, nie prześledzimy zjawisk sukcesyjnych, jak w opartej na badaniach makrofosyliów analizie paleoekologicznej.

Podkreślić już na wstępie należy, że punktem wyjścia badań paleoekologicznych są analizy dokonywane w ramach (neo)ekologii, przede wszystkim, zespołów organizmów wodnych i bagiennych. Dlatego wymagana jest tu znajomość zagadnień tych dziedzin wiedzy.

Badania znalezisk makroskopowych bieżyły w Polsce dwoma równoległymi torami: paleobotanicznym i paleozoologicznym. Historię polskiej paleobotaniki przedstawiło kilkoro autorów w tomie „Paleobotanika na przełomie wieków” (Zastawniak, red. 2003). Wśród metod badawczych paleobotaniki najliczniej reprezentowane są analizy: pyłkowa i okrzemkowa, przy czym pierwsza odnosi się do roślinności regionalnej i lokalnej, na podstawie zaś okrzemek interpretujemy przemiany ekosystemu wodnego (Madeyska 1992a). Do analiz paleoekologicznych zaliczymy także analizę makroszczątków roślinnych. Dla geologów czwartorzędu badania makroszczątkowe są cennym uzupełnieniem analiz pyłkowych, ale w kwestii poznania samego jeziora i zamieszkujących je niegdyś organizmów, analiza makrofosyliów nie tylko uzupełnia obraz uzyskany z danych palinologicznych, ale mocno go zmienia, ujawniając fakty zakryte przed analizą pyłkową (por. np. Birks & Birks 2000). W badaniach czwartorzędu szeroko stosowane są także analizy paleozoologiczne, wśród nich zaś badania mięczaków, skorupiaków (wioślarek i małżoraczków), owadów i ryb. W badaniach makroszczątkowych odkrywamy szczątki należące do każdej z tych grup.

Metody

Analiza makroszczątkowa (makrofosyliów roślinnych i zwierzęcych) osadów jeziornych zajmuje się widocznymi gołym okiem szczątkami organizmów deponowanymi w środowiskach o ograniczonym dostępie tlenu. Należą do nich również osady jeziorne i torfowiskowe. Wielkość szczątków waha się między 0,1 a kilkanaście milimetrów. Są one przesiewane, zwykle na mokro, przez sita, a następnie ręcznie, pincetą lub pędzelkiem wybierane i segregowane przy użyciu mikroskopu stereoskopowego w powiększeniach 10-100×. Średnica oczek sit standardowo używanych w preparatyce rzadko jest mniejsza niż 0,2 mm (por. Tobolski 2000). Birks (2001) zaleca stosowanie sita o średnicy oczek 0,125 mm, co zapobiega utracie najmniejszych nasion (np. *Juncus*, *Saxifraga*, *Ericaceae*, *Pyrolaceae* lub zarodników *Polypodiaceae*). Użycie zestawu sit o różnej średnicy oczek, począwszy od 2 mm do coraz drobniejszych, umożliwia rozfrakcjonowanie materiału, ułatwiając jego

późniejszą analizę. Podczas przesiewania pozyskujemy nie tylko szczątki roślinne, ale także bogate znaleziska zwierzęce.

Ze względu na przedmiot analizy, jakim są szczątki wielkości nawet kilku-kilkunastu mm, do analiz makroszczątkowych używamy prób o objętości co najmniej 50-100 cm³. Odpowiada to próbie miąższości 5-10 cm ze świdra typu Instorf (półwalec) o średnicy puszkii 5 cm. Przy puszcze o średnicy 10 cm jednocentymetrowa warstwa daje nam objętość około 40 cm³. Natomiast w przypadku świdrów grawitacyjnych lub sond tłokowych, gdzie wydobywamy cały walec, pożądaną objętość (50 cm³) – umożliwiającą analizy w odstępach jednocentymetrowych – daje nam już świder o średnicy 8 cm. W praktyce badacz często zmuszony jest zastosować mniejszą objętość. Szczegółowo metodykę analizy makroszczątkowej omówili Wasylićowa (1973, 1986), Tobolski (2000) oraz Lićyńska-Zajac, Wasylićowa (2005).

Uzyskany materiał posiada dużą wartość interpretacyjną dla rekonstrukcji ekosystemu jeziornego. Największe znaczenie posiada analiza szczątków roślinnych, tradycyjnie stosowana w badaniach torfowisk, zbudowanych zwykle w 70-95% z obumarłej materii roślinnej. W osadach jeziornych makroszczątków pochodzenia roślinnego często brakuje niemal całkowicie. Dlatego w badaniach paleolimnologicznych ma ona duże znaczenie jedynie w wybranych grupach osadów, największe w tych powstających w warunkach litoralu, najlepiej makrofitowego. Natomiast analiza makroszczątków zwierzęcych znajduje zastosowanie we wszystkich typach osadów.

Makroszczątki roślinne i zwierzęce w opracowaniach podręcznikowych

Makroszczątki roślinne

Do makroszczątków roślinnych należą diaspyry (nasiona, owoce, zarodniki), części wegetatywne roślin nasienne, takie jak: liście (skórka, kolce), igły, łuski nasienne i owocowe, łuski pączkowe, kwiaty, szyszki, kłacza, bulwki, korzenie, kora, tkanki oraz szczątki roślin zarodnikowych: łodyżki i listki mchów, oospory ramienic. Analizy mchów stanowią często przedmiot odrębnych opracowań (np. Janssens 1990; Dickson 1986), gdyż wymagają specjalistycznej wiedzy briologicznej, choć oznaczenie podstawowych gatunków mchów wodnych i torfowiskowych jest możliwe dla przeciętnego badacza. Możliwe są także opracowania szczegółowe flory ramienic (Haas 1994) choć badacze współczesnych *Characeae* poddają w wątpliwość możliwość oznaczenia niektórych gatunków na podstawie samych tylko oospor (Gąbka, inf. ustna). Najczęściej analizowane są nasiona (Wasylićowa 1986), których obecność w danej warstwie osadu, z dużą dozą prawdopodobieństwa, dokumentuje skład gatunków na nim rosnących. Niektóre z nich mogą bowiem zostać przyniesione, np. falowaniem, w inne miejsca. Całkowitą pewność uzyskujemy w przypadku stwierdzenia kłaczy, zwykle rosnących horyzontalnie i na powierzchni osadu lub tuż pod nią.

Przegląd publikacji umożliwiających oznaczanie szczątków roślinnych wraz z podstawowymi kluczami zawiera praca Tobolskiego (2000). Wyróżnił on pięć grup znalezisk roślinnych: liście, igły oraz znaleziska liściopodobne, np. ziarniaki traw, łuski pączkowe i owocowe (1); jedno- lub wielowarstwowe, płaskie tkanki – epiderma, rhyzoderma i peryderma (2); formy wydłużone, cylindryczne, np. korzenie, kłącza, łodyżki mchów (3); fragmenty drewna i węgla drzewnych (4) oraz nasiona, owoce i zarodniki (5).

Wymienić należy także wcześniejsze opracowanie Birks (1980) oraz prace Wasylikowej (1973, 1979, 1986), Warnera (1990b) i Grosse-Brauckmanna (1971, 1974, 1986, 1992). Najnowsze opracowanie poświęcone analizie makrofosylii roślinnych (Birks 2001) ukazało się w „Tracking Environmental Change Using Lake Sediments” vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators w serii DEVELOPMENTS IN PALEOENVIRONMENTAL RESEARCH (Smol i in., red. 2001). Pierwsze pięć tomów serii zawiera przegląd metod badawczych paleolimnologii i może być traktowane jako następcą podręcznika „Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology” (Berglund, red. 1986). Jest to obecnie najważniejsza seria publikacji, podsumowująca stan badań limnologicznych na świecie. Kolejne tomy serii (6-9) poświęcone są zagadnieniom regionalnym lub tematycznym.

Stan florystycznych badań makroszczątkowych zrealizowanych w Polsce w ramach badań czwartorzędu do roku 1974 (t. II) i 1985 (t. III) przedstawia „Budowa Geologiczna Polski” (Rühle, red. 1989). W tomie II („Katalog skamieniałości”) przedstawiono wykazy gatunków podawanych w poszczególnych publikacjach w podziale na florę plejstoceniową (Janczyk-Kopikowa 1977) oraz późnoglacialną i holoceniową (Borówko-Dłużakowa 1977). Osobno omówiono florę z wykopisk archeologicznych (Gluza, Wasylikowa 1977). W tomie III („Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych”), zawierającym opisy gatunków i ich występowanie na stanowiskach, przedstawiono ramienice (Karczmarz 1989a), mchy (Karczmarz 1989b) oraz paprotniki i nasienne (Borówko-Dłużakowa, Janczyk-Kopikowa 1989).

Znakomity materiał opisowy i ilustracyjny zawiera wydany w Instytucie Botaniki im. W. Szafera PAN „Atlas of the Pleistocene vascular plant macrofossil of Central and Eastern Europe. Part 1 – Pteridophytes and monocotyledons” (Velichkevich, Zastawniak 2006). Dokonana została także rewizja szczątków makroskopowych z flor czwartorzędowych Polski (Velichkevich, Mamakowa 1999).

Archeobotanika i archeologia podwodna

Nie do przecenienia jest rola analiz makroszczątkowych w badaniach archeobotanicznych. Jest to jeden z wiodących nurtów paleobotaniki, który umożliwia odtworzenie nie tylko środowiska przyrodniczego w którym żyły dawne społeczności, ale także rodzaju pokarmu, jakim się odżywiały. Znaczna jest też liczba badaczy zajmujących się tym zagadnieniem. Archeobotanika posiada podręcznik w języku polskim

(Lityńska-Zajac, Wasylikowa 2005), w którym analizie makroszczątków poświęcono znaczną ilość miejsca (s. 197-320).

Makroszczątki zwierzęce

Do najważniejszych makroszczątków zwierzęcych należą chitynowe organy, zawierające jaja przetrwalnikowe – tzw. efipia (siodełka) wioślarek Cladocera, statoblasty mszywołów Bryozoa, głównie *Cristatella* i *Plumatella*, organy rozmnażania bezpłciowego gąbek (Porifera) – gemmule (pączki wewnętrzne), kokony wirków (Turbellaria), jaja zimowe wrotków (Rotatoria), szczątki owadów, spośród których analizowane są, przede wszystkim, puszkę głowowe larw ochotkowatych Chironomidae (Diptera) i szczątki chrząszczy Coleoptera, pancerzyki roztoczy z sekcji mechowców Oribatida, skorupki małżoraczków Ostracoda, muszle mięczaków Mollusca oraz łuski i elementy kostne ryb. Poszczególne grupy znajdujących szczątków, oznaczane początkowo tylko do rodzaju, np. mechowce Oribatida, z czasem wyodrębniają się w osobną dyscyplinę badań paleolimnologicznych, która zaczyna żyć niezależnie od pozostałych, choć, oczywiście, w ścisłej z nimi kooperacji (por. np. opracowanie mechowców – Solhøy 2001).

Włączanie do analiz paleolimnologicznych kolejnych grup szczątków zwierzęcych znajduje odzwierciedlenie w podręcznikach traktujących, choćby częściowo, o paleolimnologii. Dotyczy to zwłaszcza bezkręgowców. W tabeli 1 przedstawiono grupy organizmów zwierzęcych oznaczanych w analizach paleolimnologicznych. W zestawieniu uwzględniono także grupy znalezisk rzadkich, nie poddawanych z reguły analizom makroszczątkowym. I tak, przykładowo, ameby skorupkowe (Rhizopoda, Testacea) są znajdowane tylko przypadkowo, w analizach osadów przybrzeżnych, i to wyłącznie skorupki największych gatunków. Podobnie bardzo rzadkie są znaleziska kręgowców. Mimo to, o ile ich omówienie było obecne w podręczniku, informację tę w tabeli zamieszczono.

Najnowsze opracowanie poświęcone analizie makrofosylii zwierzęcych zebrane są w „Tracking Environmental Change Using Lake Sediments” vol. 4: Zoological Indicators (Smol i in., red. 2001). Przedstawione w nim grupy wskaźnikowych, w badaniach paleolimnologicznych, organizmów zwierzęcych zestawiono w tab. 1. Najpełniejszy, tzn. uwzględniający w opracowaniu największą ilość taksonów, przegląd fosylnych szczątków zwierzęcych, obecnych w osadach jezior i torfowisk zawiera praca Freya (1964). Kolejne, podręcznikowe, opracowania zawierają omówienia wioślarek, muchówek, chrząszczy, małżoraczków i mięczaków (Birks, Birks 1980; Berglund, red. 1986; Warner, red. 1990).

W literaturze polskiej metody badań paleozoologicznych omówiła Madeyska (1992b). Najwięcej uwagi poświęcano u nas badaniom mięczaków, małżoraczków i wioślarek (Szeroczyńska, Zawisza w tym tomie). Podobnie jak przypadku flory, stan faunistycznych badań makroszczątkowych przedstawia „Budowa Geologiczna Polski” (Rühle, red. 1989).

W tomie II („Katalog skamieniałości”) przedstawiono wykazy gatunków podawanych w poszczególnych publi-

Tabela 1. Grupy zwierzęce omawiane w wybranych podręcznikach paleoekologii i paleolimnologii. W przypadku monografii autorskich omówienie danej grupy zaznaczono słowem „Tak”, w przypadku prac zbiorowych podano nazwisko autora rozdziału („Tak” w nawiasie oznacza omówienia krótkie).

Podręcznik	Korzenionózki (Rhizopoda (Testacea))	Gąbki (Spongilaria)	Wirki (Turbellaria)	Wrotki (Rotifera)	Wiślarki (Cladocera)	Ochołkowate (Chironomidae (i inne muchówki Diptera))	Chrzęszcze (Coleoptera)	Chruśki (Trichoptera)	Roztocza (Orbitida)	Mszywioły (Bryozoa)	Małżaczk (Mollusca)	Ryby (Pisces)	Inne kręgowce (Vertebrata)
Frey (1964)	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak
Birks, Birks (1980)					Tak	Tak	Tak				Tak	Tak	Tak
Berglund (red. 1986)	Tolonen				Frey	Hofmann	Coope				Łożek		
Warner (red. 1990) ¹	Warner 1990c	Harrison	Warner 1990a	Warner 1990a	Hann	Odsyła do Walker	Morgan	Odsyła do Williams	Warner 1990a	Warner 1990a	Delorme		Chucher & Wilson
Skompski (1991)					Tak						Tak		
Madeyska (1992)	Tak				Tak	Tak	Tak				Tak	Tak	Tak
Tobolski (2000)					Tak	Tak							
Smol i in. vol. 4 (red. 2001)					Korhola & Rautio	Walker	Elias	Elias	Solhøy	Francis	Holmes	Miller & Tevesz	Patterson & Smith
Bennike et al. 2004 ²	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak		

UWAGI

¹ Warner (red. 1990) – także Copepoda

² Bennike et al. (2004) – także Oligochaeta i Branchiopoda

kacjach w podziale na bezkręgowce (Brodniewicz, Skompski 1977) i kręgowce (Kowalski 1977). W tomie III („Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych”), zawierającym opisy gatunków i ich występowanie na stanowiskach, przedstawiono małże (Skompski, Makowska 1989a), ślimaki (Skompski, Makowska 1989b), małżoraczki (Sywula, Pietrzeniuk 1989) i owady (Kuśka, Pawłowski 1989).

Faunę bezkręgowców czwartorzędu Polski omawia również w osobnym opracowaniu Skompski (1991). Praca ta przynosi nowsze dane, do końca lat 80., a literatura przedmiotu także pogrupowana jest w działach tematycznych: mięczaki, małżoraczki, wioślarki, owady (otwornice pomijam, gdyż dotyczą osadów morskich). Cennym elementem pracy jest mapa 306 czwartorzędowych stanowisk badań mięczaków, nie są to jednak wyłącznie stanowiska jeziorne. Monograficzne opracowania Alexandrowicza (1987) tylko w części poświęcone jest analizom mięczaków wodnych. Nieliczne są opracowania zbiorcze fauny owadów (Kuśka, Pawłowski 1989). Historię badań wioślarek przedstawiła Szeroczyńska (1998), o czym wspominam ze względu na ich organy przetrwalnikowe (efipia). Wymienić należy również opracowanie Makowieckiego (2003), poświęcone holocenijskim szczątkom ryb.

Niektóre z wymienionych powyżej grup bezkręgowców, zwłaszcza Chironomidae i innych grup owadów, odgrywają w paleolimnologii coraz ważniejszą rolę. Analiza larw ochotkowatych posiada podobną metodykę, jak analiza makroszczątkowa (np. Hofmann 1971, 1986, Walker 1995, 2001). Jeżeli stosujemy sita o średnicy 0,125 mm, możemy jednocześnie wybierać puszki głowowe, które wystarczy zliczyć do 50 dla uzyskania przeglądowego obrazu tej bentosowej zoocenozy. Aby pozyskać pełny obraz, uwzględniający stadia młodociane, należy zastosować sita 0,095 mm.

W analizie wioślarkowej pomocne są zliczenia efipiów wioślarek, jeśli jest wykonywana z tego samego rdzenia. W standartowych analizach Cladocera, w których używa się 1 cm³ osadu, prawdopodobieństwo znalezienia większej ilości efipiów jest niewielkie.

Wykonanie analiz szczątków zwierzęcych, często drobniejszych, aniżeli szczątki roślinne, może znacznie wspomóc analizę szczątków roślinnych, a w pewnych przypadkach takie znaleziska są jedynymi w osadzie. Ich obecność umożliwia wtedy określenie, w przybliżeniu, typu biocenozy wodnej, w jakiej żyły te organizmy. Sytuacje takie zdarzają się często w materiałach późnoglacialnych. Zawierają one liczne znaleziska zwierzęce, zwłaszcza owadów, przy małym udziale lub nawet nieobecności makroszczątków roślinnych. Dlatego dla odtworzenia takich biocenoz ważne są badania współczesnych zbiorników strefy subpolarnej i polarnej, rozwijające się intensywnie w ostatnich latach (Bennike i in. 2004).

Ważną pozycją w podręcznikarstwie są pozycje naukowe, prezentujące wyniki badań w sposób przystępny dla szerszego grona czytelników, zawierające elementy dydaktyczne. Przykładem takich prac jest monografia torfowisk Ziemi Świeckiej (Tobolski 2003) i Parku Narodowego Bory Tu-

cholskie (Tobolski 2006) oraz przewodnik po jeziorach i torfowiskach Parku Narodowego Bory Tucholskie (Kowalewski & Milecka, red. 2006), w którym zagadnienia paleolimnologiczne są tematem wiodącym.

Oznaczenie znalezisk makroszczątkowych

W analizach znalezisk kopalnych bardzo ważna jest znajomość gatunków współczesnych. Nie jest to jednak wiedza wystarczająca do analiz materiałów subfosalnych (holocenijskich) i fosylnych (starszych niż holocen), gdyż te ulegają znacznym zmianom w stosunku do okazów współczesnych (Tobolski 2000, s. 15). W osadzie pozostają bowiem tylko fragmenty organizmów najbardziej odporne na czynniki powodujące rozkład materii żywej. Istniejące klucze do oznaczeń współczesnych taksonów są zatem, niekiedy niewystarczające do identyfikacji szczątków organizmów obumarłych, choć oczywiście stanowią ich podstawę. Dlatego powstały liczne klucze do oznaczeń materiałów fosylnych, które koncentrują się na elementach pozostających w stanie kopalnym.

Nie jest możliwe przedstawienie w tej pracy wszystkich opracowań służących identyfikacji szczątków znajdujących w osadach. Grupa ta nie ogranicza się zresztą, bynajmniej, do organizmów wyłącznie wodnych. Konieczna jest również znajomość organizmów bagiennych, a także innych, zwłaszcza tych rosnących w pobliżu brzegów zbiorników akumulacji biogenicznej. Szczególnie liczne są szczątki drzew rosnących w zlewni jeziora.

Klucze do oznaczania makroszczątków roślinnych

Przegląd przewodników do oznaczeń makroszczątków roślinnych (współczesnych i kopalnych) zawiera praca Tobolskiego (2000) i inne, cytowane wyżej podręczniki. W pracy Tobolskiego znajdujemy liczne klucze do oznaczeń szczątków roślinnych, ujmujące najczęściej spotykane znaleziska.

Wśród opracowań ogólnych, służących rozpoznawaniu znalezisk makroskopowych, wymienić należy rosyjskojęzyczne Istomina i in. (1938); Kac i in. (1965); Kac i in. (1977) oraz niemieckojęzyczne Grosse-Brauckmann (1972, 1974 i 1992); Schoch i in. (1988). Do oznaczeń glonów makrofitowych z rodziny ramienic Characaeae mogą służyć krajowy przewodnik Dąbskiej (1964) i klucze do oznaczania oospor Krauzego (1986) i Haasa (1994).

Szczątki mchów można oznaczać na podstawie kluczy krajowych i zagranicznych. Wśród krajowych wymienić należy dwutomowe dzieło Szafrana (1957, 1961), a dla potrzeb analizy makroszczątkowej osadów jeziornych zwłaszcza klucz do oznaczania mchów wodnych (Szafran 1963). Wśród prac zagranicznych polecić warto opracowania mchów w podręcznikach paleolimnologicznych (Grosse-Brauckmann 1974; Dickson 1986; Janssens 1990). Osobne prace poświęcone są identyfikacji torfowców (Lubliner-Mianowska 1957; Klinger 1976; Lange 1982) i mchów brunatnych (Lubliner-Mianowska 1951; Michaelis 1998).

Wśród roślin naczyniowych najliczniej występują szczątki łodyg i korzeni, jednak możliwości ich rozpoznawania są ograniczone ze względu na znaczne podobieństwo tkanek roślin wodnych. Niemniej, istnieją przewodniki do oznaczeń epiderm w pracach ogólnych (wspomnianych powyżej) i specjalistycznych (Knapp 1993). Wspomnieć należy także w tym miejscu opracowanie Trautmanna (1953) poświęcone fosylnym aparatom szparkowym.

Najwięcej pozycji literatury poświęcone jest znaleziskom karpologicznym. Niektóre z nich poświęcone są oznaczaniu nasion bez wyróżniania poszczególnych grup, np. Bertsch (1941), Jacomet (1986), inne poszczególnym rodzajom lub ich grupom, np. Berggren (1969, 1981), Marek (1958), Pałczyński (1958), Körber-Gröhne (1964, 1991), inne wreszcie tylko poszczególnym rodzajom lub gatunkom, np. Marek (1955), Białobrzaska, Truchanowiczówna (1960), Białobrzaska (1964), Klimko (1992), w tym klucze do oznaczeń owoców rdestnic: Mądalski (1949), Jessen (1955), Aalto (1970). Ważnym źródłem poznania nasion i owoców jest podręcznik archeobotaniki (Lityńska-Zajac, Wasylińska 2005) i atlas makrofosyliów plejstoceńskich (Velichkevich, Zastawniak 2006). Cennym źródłem są także prace zamieszczone w zeszytach *Acta Palaeobotanica*.

Na zakończenie przeglądu przewodników do oznaczania nasion wspomnieć trzeba klucz do rozpoznawania łusek pączkowych, owocowych i podsadek drzew (Tomlinson 1985). Wśród innych opracowań wymienić należy dzieło Schweingrubera (1993) poświęcone dendroekologii, ale możliwe do wykorzystania przy oznaczaniu drewna i dostępne także w wydaniu angielskim.

Wskazana jest oczywiście, znajomość pozycji podręcznikowych z zakresu hydrobotaniki np. Podbielkowski, Tomaszewicz (1979) i hydrobiologii, np. Mikulski (1974), Starmach i in. (1976) oraz botaniki ogólnej i geografii roślin (np. Iversen 1954; Kornaś, Medwecka-Kornaś 2002).

Klucze do oznaczania makroszczątków zwierzęcych

Najważniejsze pozycje do oznaczeń organizmów związanych z ekosystemami wodno-bagiennymi zawiera seria „Fauna Ślaskowa Polski” wydawana przez PWN. Podkreślić trzeba, że jest to jedno z nielicznych opracowań monograficznych, którego wydanie rozpoczęto jeszcze przed II wojną światową (z przerwą w latach 1953-74), z inicjatywy profesorów T. Jaczewskiego i T. Wolskiego. Serię podzielono na 37 zeszytów odpowiadających jednostkom taksonomicznym zwierząt wodnych. Użyteczna jest także seria „Klucze do oznaczania owadów Polski” wydawana przez Polskie Towarzystwo Entomologiczne. Z opracowań monograficznych należy wymienić prace Urbańskiego (1957) i Piechockiego (1979), poświęcone oznaczaniu krajowych małży i ślimaków.

Początkującym badaczom polecić należy bogato ilustrowany przewodnik do oznaczenia bezkręgowców wodnych Stańczykowej „Zwierzęta bezkręgowce naszych wód” (1986). Ogólny przegląd tematyki bezkręgowców zawiera monogra-

fia Jury (2002). Jest to jednak opracowanie ogólne, dlatego interesujące nas informacje są, niekiedy, całkowicie nieobecne. Przykładowo, przy omawianiu roztoczy (Acarina), w podziale na mniejsze jednostki systematyczne wymieniona jest sekcja mechowce (Oribatida), określanych jako roztocza występujące w glebie, ściółce leśnej, mchu, ptasich gniazdach i roślinach. Tymczasem mechowce są przedmiotem osobnego opracowania paleolimnologicznego (Solhøy 2001), jako organizmy żyjące na roślinach w torfowiskach i wodach.

Do oznaczeń larw ochotkowatych Chironomidae wykorzystać można opracowanie Walkera (1995) i jego przewodnik internetowy (Walker 2007), a także prace Hofmanna (1971, 1986). Współczesne Chironomidae można oznaczyć w oparciu o – również dostępny w Internecie – klucz do oznaczania współczesnych ochotkowatych z południowo-zachodnich Stanów Zjednoczonych (<http://www.esb.enr.state.nc.us/BAUwww/Chironomid.htm>) oraz korzystając z krajowych opracowań. Zainteresowanych odsyłam do stron internetowych PTEntomologicznego, na których można także pobrać biuletyn DIPTERON.

Skompski (1973, 1991, 1996) omawia subfosylne mięczaki, małżoraczki, wioślarki i owady. Pierwsza praca zawiera również klucze do oznaczania mięczaków i małżoraczek. Kopalne małżoraczki fosylne są przedmiotem pracy Griffiths, Holmes (2000), natomiast krajowe gatunki współczesne oznaczać można korzystając z monografii Sywuli (1974).

Osady jeziorne zasobne w materiał przydatny w analizie makroszczątkowej

Osady jeziorne, zawierające najczęściej identyfikowalnych szczątków makroskopowych powstają, przede wszystkim, w strefie płytkowodnej (litoralu), gdzie możliwy jest wzrost makrofitów i towarzyszących im zwierząt. Dzieje się tak dlatego, ponieważ właśnie ta strefa jest zasiedlana przez organizmy należące do piętra producentów, których obumarłe fragmenty stanowią większość substratu poddawanego analizie makrofosyliów.

Dlatego też jednym z najwładniejszych typów jezior dla analizy makroszczątkowej są jeziora płytkie, nawet te pozbawione makrofitów, co często jest przejawem degradacji. Właśnie wtedy – jak pokazują niepublikowane dotąd prace autora z jezior poleskich (Kowalewski mnskr.) – analiza makroszczątkowa może ujawnić istnienie wcześniejszych biocenoz makrofitowych z okresu poprzedzającego impuls degradacyjny.

Z punktu widzenia ewolucji jezior, wyróżnić trzeba dwa typy litoralu. Pierwszy to litoral późnoglacialny, związany z rozpoczęciem ewolucji jeziora i aktywny tylko w początkowej fazie jego funkcjonowania. Uległ on przeobrażeniu w strefę głębokowodną w wyniku wzrostu poziomu wody w zbiorniku. Drugi typ litoralu rozwinął się w jeziorach po wczesnoholocenicznym ustabilizowaniu poziomu wody w jeziorze. Jest to zarazem miejsce, gdzie rozpoczyna się proces ładowania je-

ziora. O ile litoral jezior współczesnych jest miejscem, w którym jezioro ulega wypłycaaniu, litoral kopalny to najczęściej strefa, która uległa pogłębieniu.

Znalezisk makroskopowych spodziewać się więc możemy w strefie spągowej osadów głębokowodnych (litoral kopalny) i w strefie przybrzeżnej (litoral współczesny). Paradoksalnie – mimo, iż trudniejsza do spenetrowania – lepiej poznaną wydaje się być warstwa spągowa osadów tworzących się w strefach głębozczków. Jest to następstwem lokalizacji wierceń dla potrzeb analiz paleolimnologicznych, które zwykle sytuuje się w najgłębszych miejscach jeziora z zamiarem uzyskania ciągłej, pozbawionej hiatusów, sekwencji osadów. Przy tego typu badaniach wiercenia w strefie płytkowodnej wykonuje się, jeżeli w ogóle, najczęściej jako wiercenia uzupełniające, porównawcze (np. Hjelmroos-Ericsson 1981, 1982; Makohonienko 2000).

W pozostałych typach osadów jeziornych analizować możemy, przede wszystkim, szczątki zwierzęce organizmów bentosowych i szczątki roślin rozprzestrzeniane przez wiatr lub falowanie. Częste w warunkach polskich, zwłaszcza na obszarach leśnych, są znaleziska szczątków organów generatywnych sosny i brzozy, stanowiąc dobry materiał do datowań radiowęglowych AMS.

Litoral kopalny

Badania makroszczątkowe spągowych warstw osadów dennych jezior dostarczają istotnych danych na temat funkcjonującej w przeszłości biocenozy pozwalając, tym samym, określić również jej warunki środowiskowe. Z punktu widzenia genezy jezior zaś, określenie rodzaju tych najwcześniejszych ekologicznych układów akumulacyjnych jest sprawą bardzo ważną. Analizie poddawane są w nich nie tylko utwory organiczne, ale także licznie tu występująca materia mineralna.

Źródłem materii mineralnej jest działalność wody i, zwłaszcza, wiatru. Wg Tobolskiego (2000) „Piaszki jeziorne, wbrew powszechnemu mniemaniu, należą do dość rzadko występujących osadów limnicznych. Znacznie częściej osady piaszczyste wyściełają zbiorniki wodne, lecz w większości przypadków są «puste», pozbawione jeziornych wskaźników. Tym samym nie należą do osadów, które zostały złożone w zbiorniku jeziornym. Najczęściej piaszki są wnoszone do zbiorników wodnych na drodze eolicznej.” (op. cit. s. 242). Nie należy jednak nigdy zaniechać testowania mineralnych osadów spągowych na zawartość wskaźników biotycznych. Badania piasków i mułków limnicznych rdzenia 32-2 z Jeziora Ostrowite (PNBT) dokumentują obecność makroszczątków, przede wszystkim zwierzęcych, wskazując istnienie wodnych biocenoz na etapie powstawania jeziora, gdy dominowała dostawa materii terygenicznej (Kowalewski i in. 2006). Jeśli znaleziska takie, niewykrywalne praktycznie w analizach zawartości materii organicznej, stwierdzimy w utworach mineralnych leżących poniżej tzw. torfu bazalnego, może przesunąć to w czasie początek rozwoju ekosystemu wodnego. Z reguły zaś przyjmuje się, że datowania tej warstwy wyznaczają początek funkcjonowania jeziora.

Torfy bazalne są, przede wszystkim, przedmiotem zainteresowania badaczy czwartorzędu zajmujących się genezą jezior (np. Błaszkiwicz 2005, Nowaczyk 1994, Żurek 1996), stanowiąc przedmiot datowań radiowęglowych i, ewentualnie, badań na zawartość materii organicznej i węglanowości. Tymczasem, w istocie, są to najczęściej utwory limnicznej genezy (gytie średnio- i grubodetrytusowe), rzadziej torfy, a niekiedy poziomy próchniczne gleb kopalnych (Tobolski 2006). Ponadto, stwierdzana jest niekiedy dwoistość tych organicznych struktur, gdy pod spągową warstwą – przykrytą jeziornymi osadami głębokowodnymi, a podścieloną mineralnymi – znajduje się kolejna, młodsza warstwa organiczna (Więtkowski 1966). Zbadanie tych warstw metodą analizy makroszczątkowej pozwala wyjaśnić ich genezę, typ tworzącej je biocenozy i określić, czy powstawał on jako torf (proces sedentacji), czy gytia (proces sedymentacji). Traktować je bowiem należy, jako struktury dokumentujące początkowe fazy rozwoju jeziora, w którym zachodziła sukcesja, naznaczonej znacznym dynamizmem warunków abiotycznych i katastrofalnymi zjawiskami spowodowanymi dostawą materii mineralnej na drodze późnoglacialnej aktywności eolicznej. Analizy makroszczątkowe warstwy spągowej wykonywane są zwykle podczas badań całych rdzeni, o czym traktuję poniżej. W opracowaniu makroszczątkowym znajdują się warstwy organiczne spągowe nawiercone przez Błaszkiwicza (inf. ustna).

Osobnym problemem natury metodycznej jest sposób pobierania rdzeni osadów limnicznych. Użycie świdra typu Instorf, który często nie przebija bardziej zwartych spągowych utworów mineralnych, niesie ryzyko nie pobrania najstarszych osadów, zawierających szczątki najwcześniejszych rozwijających się biocenoz. Znacznie lepiej jest stosować świder grawitacyjny (por. Krupiński 1995, s. 84).

Litoral współczesny

Osady gromadzone w litoralu zostają, prędzej czy później, zasiedlone przez makrofity i towarzyszące im drobniejsze organizmy, które, obumierając, dostarczają przedmiotu analiz makroszczątkowych. O ile badania litoralu kopalnego, zwłaszcza zalegającego w głębokich partiach jeziora, główny punkt styczności posiadały z badaniami czwartorzędu, to badania litoralu tworzącego się współcześnie, w wyniku wypłycaania jezior, zazębiają się mocno z ekologią wód z jednej strony i torfoznawstwem z drugiej. Ten typ osadu, pochodzący ze strefy przejściowej między jeziorem i torfowiskiem, torfoznawców interesował najczęściej jedynie jako podłoże narastających warstw torfu (np. Kloss 1993). Natomiast w badaniach osadów jeziornych ta przejściowa strefa zawiera osad kończący sukcesję jeziorną. Najczęściej jest to gytia typu grubodetrytusowego, czyli zawierająca liczne, rozpoznawalne gołym okiem szczątki organiczne, pochodzące, przede wszystkim, z zasiedlających litoral makrofitów. W klasyfikowaniu tych osadów należy brać pod uwagę kryteria już wypracowane w ramach innych nauk, np. typy litoralu (Bernatowicz, Zachwieja 1966), podział makrofitów (Szmeja 2006) oraz klasyfikacja genetycz-

na osadów torfowych i podtorfowych (Tołpa, Jasnowski, Pałczyński 1967; Pałczyński 1992; Tobolski 2000), stosująca ujęcia fitosocjologiczne.

Jak już wspomniano we wstępie, klasyfikacja genetyczna wyróżnia typ torfu niskiego Potamioni – wodorostowy utwór torfopodobny, zawierający głównie szczątki roślin o liściach pływających – nymfeidów (Tobolski 2000). „Przedstawiony skład botaniczny torfu Potamioni dokumentuje jego allochtoniczne pochodzenie, bowiem jest rezultatem procesu sedymentacji w wodnym środowisku akumulacyjnym. Taki proces gromadzenia substancji organicznej umieszcza osad Potamioni poza genetyczną grupą torfów. Geneza torfów została bowiem zarezerwowana dla osadów akumulowanych w trakcie procesu sedymentacji. Niewątpliwie o przynależności osadu Potamioni do torfów zdecydowały jego cechy litologiczne. Duże podobieństwo tego osadu do słabo rozłożonych torfów może być przyczyną błędnych interpretacji paleogeograficznych i paleoekologicznych. W układzie warstw osad Potamioni przeważnie zajmuje pozycję pomiędzy niżej zalegającymi osadami drobnoziarnistymi a przykrywającymi go torfami szuwarowymi.” (*op. cit.*, s. 201).

Odrębnym zagadnieniem są analizy osadów powstających w jeziorze zarastanym przez pływające kożuchy roślinności (pło, spleja), gdzie nie wykształca się typowy litoral jeziorny („fitolitoral zanikający” w klasyfikacji Bernatowicza i Zachwieji 1966). Tematyka ta jest ściśle związana z hydrologiczno-genetycznym typem torfowisk kotłowych, w którym proces powstawania osadów jeziornych należy do najbardziej skomplikowanych. Z jednej strony są one bowiem deponowane w procesie sedymentacji organizmów wodnych, z drugiej zaś do osadu opadają fragmenty pła. Wyjaśnienie genezy tego typu osadów wymaga jeszcze badań, w których analiza makroszczątkowa będzie odgrywała ważną rolę.

Prace Digerfelda (1972) na osadach litoralnych ilustrują możliwość zastosowania analizy makroszczątkowej do określania wahań poziomu wody w jeziorze. W takich wypadkach należy jednak ze szczególną ostrożnością dociekać przyczyn takich wahań, ponieważ mogą być spowodowane czynnikami lokalnymi. Dopiero uzyskanie potwierdzenia z wielu stanowisk (obrazu regionalnego) może dać pewność istnienia przyczyny klimatycznej. W polskich badaniach analizę makroszczątkową, w połączeniu z analizą litologiczną, dla określania zmian poziomu wody z powodzeniem zastosował Schubert (2003).

Wyższy poziom wody jeziora w minionych epokach mogą dokumentować także osady jeziorne kopalnych zbiorników, położonych tuż przy brzegach współczesnych jezior. Taką sytuację, wskazującą wyższy poziom wód w późnym glacie, stwierdzono na przykład, nad jeziorem Lednica w Imiołkach (Tobolski 1998) i nad Jeziorem Ostrowite w Józefowie (Kowalewski 2005).

Analiza makroszczątkowa jest rozstrzygająca dla stwierdzenia lub odrzucenia limnicznej genezy osadów podścielających torf, poprzez rozróżnienia procesów sedymentacji

– powstaje torf i sedymentacji – powstaje gytia. Bioindykacyjna wymowa subfosylnych znalezisk organizmów wodnych stanowi także podstawę dla wnioskowań paleoekologicznych. Umożliwia również precyzyjne określenie granicy między osadem jeziornym i torfem w przypadku, gdy nie wskazują tego cechy makroskopowe osadu (Gałka 2006).

Przegląd badań i zastosowań analiz makroszczątkowych

Analizy makroszczątkowe są składowymi dyscyplin geologicznych: paleobotaniki i paleozoologii. Ich głównym zastosowaniem jest poznanie składu gatunkowego i rekonstrukcja minionych fito- i zoocenoz. W niniejszej pracy analizowane są jedynie badania osadów najmłodszych, obejmujących ostatni milion lat w przypadku jezior kopalnych i, zaledwie, ostatnie 15 tys. lat w przypadku osadów jezior obecnie funkcjonujących. Nowym, ważnym polem zastosowań badań makroszczątkowych, obok rekonstrukcji paleolimnologicznych są analizy osadów współczesnych, deponowanych podczas ostatnich kilkuset lat.

Rekonstrukcje paleolimnologiczne i ich znaczenie dla klimatostratygrafii czwartorzędu

Ostatni milion lat geologicznych dziejów Polski był nadzwyczaj burzliwy, jeziora zaś stanowiły w tych dziejach stały element. Wielokrotnie powstawały one podczas interglacjałów i – najczęściej u ich schyłku – zanikały, pozostawiając nam nie tylko swoją historię zapisaną w osadach, ale także obraz regionalny, naświetlany przez analizę pyłkową. Mimo, że osady jeziorne stanowią bardzo niewielki odsetek wszystkich utworów czwartorzędowych w naszym kraju, są decydujące dla poznania ich dziejów. Chociaż w badaniach czwartorzędu są one traktowane bardziej przedmiotowo (jako źródło wiedzy klimatostratygraficznej), niż podmiotowo, to przecież właśnie badaniom geologicznym zawdzięczamy odkrycie licznych stanowisk pogrzebanych jezior i możliwość odczytania tych kopalnych ekosystemów (np. Różycki 1968). Paradoksalnie, ich osady są zbadane lepiej i na liczniejszych stanowiskach, niż osady jezior współczesnych. Z nowszych danych wynika, że np. z interglacjału eemskiego zidentyfikowano już w Polsce około 300 kopalnych jezior (A. Ber, inf. ustna). Imponująca jest także miąższość znajdujących osadów, np. na stanowisku Ossówka z interglacjału mazowieckiego stwierdzono 34 m osadów jeziornych (Krupiński 1995).

Rekonstrukcje ekosystemów jeziornych najlepiej umożliwia zbadanie szczątków roślin: planktonowych okrzemek i litoralnych makrofitów, co jest przedmiotem interesujących nas tu analiz. Wiele znalezisk makroszczątkowych ujawnia istnienie gatunków, których nie jest w stanie stwierdzić analiza palinologiczna, skądinąd również bardzo użyteczna w rekonstrukcjach paleolimnologicznych i także badająca piętro producentów, a które pełnią ważną rolę w ekosystemie jeziornym. Dotyczy to zwłaszcza roślin niższych, w przede wszyst-

kim ramienic (Charophyta) i mchów brunatnych. Mchy torfowce, ze względu na wielkie ilości produkowanych spor i sposób ich rozprzestrzeniania są reprezentowane bardzo obficie w diagramach pyłkowych. Jednak także w tym wypadku nie jest możliwe ich określenie do gatunku, co umożliwia z kolei, analiza makroszczątkowa. Ze względu na niewielkie możliwości rozprzestrzeniania diaspor, przedstawia ona obraz biocenozy lokalnej, w odróżnieniu od analizy pyłkowej, dającej obraz regionalny. W rekonstrukcji jezior ma to niebagatelne znaczenie, gdyż rezultaty odnoszą się w całości do badanego obiektu, umożliwiając precyzyjne stwierdzenie, w którym momencie dany gatunek z pewnością funkcjonował na danym stanowisku.

W rekonstrukcjach paleolimnologicznych w zakresie analiz paleozoologicznych, poza mięczakami (por. Skompski 1991, Alexandrowicz 1987) i małżoraczkami (por. Skompski 1991, Namiotko i in. 1993; Namiotko 1995, 2000; Hallmann, Namiotko 2000; Namiotko 2000; Namiotko, Namiotko 2004; Namiotko, Sywula 2005), zdecydowanie dominują wioślarki (Szeroczyńska, Zawisza w tym tomie).

Nieliczne są opracowania owadów (Kuśka, Pawłowski, mskr.; Pawłowski, Kuśka 1987; Lemdahl 1991, 1998). Powoli zaczynają pojawiać się prace poświęcone ochotkowatym. Dotychczas ukazały się opracowania Halkiewicz (2005, 2007) i Kubovčika (2004, 2005) oraz oparta o literaturę praca Płóciennika (2005). Wcześniejsze prace rejestrowały wprawdzie obecność ochotkowatych, ale bez rozróżniania gatunków.

Analizy makroszczątkowe osadów jeziornych, skoncentrowane na makroszczątkach roślinnych, wykonywane są bardzo rzadko w jeziorach współczesnych. Liczniejsze są opracowania holocenijskich jezior kopalnych, najwięcej zaś uwagi poświęcono jeziorom wcześniejszych interglacjałów i interstadiałów. Są to, z reguły, opracowania całych rdzeni z danego stanowiska, lub jedynie warstw spagowych, zwłaszcza późnoglacialnych. Poniżej przedstawiam przegląd literatury na ten temat. Z góry proszę o wybaczenie wszelkich w nim braków. Stanowiska interglacialne zostały zaledwie zasygnalizowane, gdyż wymagają odrębnego opracowania.

Wśród **jezior współczesnych** analizy makroszczątkowe wykonywane były:

z części spagowej: Jezioro Kruklin (Stasiak 1963); Jez. Mikołajskie (Ralska-Jasiewiczowa 1966), Jezioro Strażym (Boińska 1987), Jezioro Lednica (Makohonienko, Tobolski 1991), Jezioro Żarnowieckie (Latałowa 1982), Jezioro Ostrowite (Kowalewski i in. 2006);

z osadów powierzchniowych: Jezioro Lednica (Tobolski 1989, Polcyn 1991), Jezioro Świętokrzyskie (Koszałka 2000), Dołgie Małe – Słowiński PN (Strzelczyk i in. 2002); jeziora lobeliowe Czarne, Skarszyno, Moczadło na Poj. Kaszubskim oraz Ząbinowskie, Płoczyca i Kuchenek na Poj. Bytowskim (Święta-Musznicka 2005); jeziora lobeliowe: Okoń Duży, Nawionek, Linowskie (Milecka 2005); jeziora Polesia Lubelskiego: Sumińskie, Rotcze, Syczyńskie, Głębokie Uścimowskie, Kleszczów (Kowalewski, mskr.);

cały profil: Jezioro Steklin (Noryskiewicz 1982); Gościąż (Ralska-Jasiewiczowa i in. 1998a, b); jeziora lobeliowe Nierybno (Milecka 2005, Lamentowicz; Milecka 2004) i Moczadło (Milecka 2005).

Późnoglacialno-holocenijskie jeziora kopalne:

część spagowa: Dziekanowice (Litt 1988a, b); Lednicki Park Krajobrazowy – 12 stanowisk flor dryasowych (Kubiak, Polcyn 1991); Kletno (Milecka, Noryskiewicz, Kowalewski – w przygotowaniu do druku);

strefa przejściowa osady jeziorne-torfy: Gniezno 22/XIII – strefa brzegowa kopalnego Jeziora Świętego (Koszałka 2000); Bagno nad Stążką (Kowalewski i in. 2002); jeziora ujściowego odcinaka Strugi Siedmiu Jezior – PNBT (Gałka 2006); Kletno (Milecka, Noryskiewicz, Kowalewski – w przygotowaniu do druku);

rdzenie kompletne od spągu do współczesnej powierzchni torfowiska (lub wydmy): Witów (Wasylikowa 1964); Imiołki – 4 rdzenie z florą późnoglacialną (Kubiak-Martens 1998); Dziedzinka (Noryskiewicz, Kowalewski 2002); Ostrów Lednicki – 3 rdzenie (Schubert 2003); Mała Pustynia na Wyżynie Śląskiej – stanowiska podwidywane (Szczepanek, Stachowicz-Rybka 2004); Tuchola 1, Jelenia Wyspa, Zamarte (Lamentowicz 2005); Taboły i Kładkowe Bagno – Puszcza Knyszyńska (Drzymulska 2006);

wybrane stanowiska badań torfowisk, z analizą osadów podtorfowych: torfowiska olszynowe (Marek 1965); Kluki (Tobolski 1987), Jelenia Wyspa (Lamentowicz 2004, w przygotowaniu do druku a, b);

pojedyncze znaleziska – np. Puszcza Kampinowska (Borówko-Dłużakowa 1961).

Badania archeobotaniczne osadów limnicznych są sporadyczne, gdyż siedliska i aktywność gospodarcza człowieka ograniczały się do terenów suchych lub, co najwyżej, podmokłych, jeśli położone były nad brzegami wód (por. np. Latałowa 1999, Jaroń 1938). Wspomnieć należy badania osadów limnicznych leżących poniżej warstw kulturowych stanowiska archeologicznego Gn22/XIII w strefy brzegowej kopalnego Jeziora Świętego (Koszałka 2000), a które są kontynuacją badań Jaronia (1939). Związki z badaniami archeologicznymi mają także badania Polcyna (1991, 2000, 2003) z Jeziora Lednica i Gieczu. Próby pobierane były w miejscach lokalizacji dawnych mostów przy grodziskach wczesnośredniowiecznych. Badania w Gieczu są obecnie kontynuowane w Zakładzie Biogeografii i Paleoekologii UAM.

Najczęściej opracowywane były rdzenie jezior kopalnych z wcześniejszych, niż holocen interglacjałów. Przegląd prac na ten temat znajdujemy w pracy „Budowa Geologiczna Polski” (Rühle, red. 1989). Z nowszych prac wymienię tylko przykładowo opracowania Tobolskiego (1991) i Granoszewskiego (2003). Dokładniejsze przedstawienie tej tematyki przekracza już jednak zakres niniejszej pracy.

Znaczenie analizy makroszcątkowej dla biogeografii historycznej i płynące z niej implikacje paleoklimatyczne

Tempo migracji roślin odczytywane jest na podstawie analizy pyłkowej i datowań radiowęglowych (por. Ralska-Jasiewiczowa (red.) 2004). Analiza makroszcątkowa jednakże, w stosunku do analizy pyłkowej, pełni ważną rolę w precyzyjnym rekonstruowaniu minionej roślinności lokalnej. Analiza pyłkowa często umożliwia określenie przynależności taksonomicznej jedynie w randze rodziny lub rodzaju, podczas gdy analiza makroszcątków roślinnych umożliwia precyzyjne określenie do gatunku, zwiększając dokładność opracowania (Birks 1980). Wnioskowania o warunkach paleośrodowiska możliwe jest zaś, przede wszystkim, przez odniesienie do poszczególnych gatunków, gdyż tylko na ich podstawie wnioskować można o konkretnych parametrach środowiskowych. Ilustracją tego są np. badania Birks (2003), gdzie równoległe analizy makroszcątkowe i pyłkowe roślinności północnej Europy umożliwiły przesunięcie w czasie momentu pojawiania się lasów brzoźowych, co ma istotne znaczenie dla modeli paleoklimatycznych. Analiza makroszcątkowa wykazała w tym przypadku błędy interpretacyjne diagramów palinologicznych, w których pyłek brzoź, pochodzący z dalekiego transportu, w zestawieniu z niską produktywnością pyłku roślin tundrowych, tworzyły wrażenie obecności lasów brzoźowych. Analiza makroszcątkowa umożliwia także odróżnienie, czy źródłem pyłku brzoź są brzozy drzewiaste czy krzewinkowe. Ma to szczególne znaczenie także w analizie zmian górnej granicy lasów (Birks 2003).

Znaleziska szczątków danego gatunku wyjaśniają jego dzisiejszy zasięg, np. szczątki dębika ośmiopłatkowego (*Dryas octopetala*), znajdujące we florach kopalnych na terenie całego kraju (np. w Wielkopolsce – Kubiak, Polcyn 1991) stwierdzają jego wcześniejsze rozmieszczenie, wyjaśniając tym samym współczesny typ zasięgowy (dysjunkcja arktyczno-alpijska). Stroiczka jeziorna (*Lobelia dortmanna*), uznawana do tej pory za gatunek reliktowy, w świetle analizy makroszcątkowej jawi się nam jako gatunek rozprzestrzeniający się współcześnie (Milecka 2005).

Przegląd wodnych bezkręgowców, znajdujących w osadach jeziornych rejonów arktycznych i wysokogórskich zawiera artykuł Bennike i in. (2004). Prace tam cytowane zawierają cenny materiał porównawczy do analiz osadów późnoglacialnych, zalegających zwykle w spągu naszych osadów jeziornych.

Coraz liczniejsze są prace zawierające dane o stanowiskach wybranych gatunków i związek ich rozmieszczenia z paleoklimatem: jeziora *Najas* spp. (Bennike i in. 2001), osoka aloesowata *Stratiotes aloides* (Bennike & Hoek 1999), sit tępokwiatowy *Juncus subnodulosus* (Tobolski 1987), kłoc wiechowata *Cladium mariscus* (Gałka, Tobolski 2006, Karcz – inf. ustna), stroiczka jeziorna *Lobelia dortmanna* i poryblin jeziorny *Isoëtes lacustris* (Milecka 2005, Święta-Musznicka 2005).

Datowania radiowęglowe

Znaleziska makroskopowe są najlepszym materiałem dla datowań radiowęglowych. Dotyczy to jednak, przede wszystkim, znalezisk szczątków roślin lądowych, np. owoców brzozy, igieł sosny lub nasion roślin bagiennych, korzystających podczas fotosyntezy z węgla atmosferycznego (CO₂). Makroszcątki organizmów wodnych, ze względu na czerpanie węgla z rozpuszczonych w wodzie węglanów (HCO₃⁻), pochodzących np. z wód gruntowych, a nie z węgla atmosferycznego wskazują daty obciążone efektem rezerwurowym lub efektem twardej wody (Birks 2001). Można je więc wykorzystywać do datowań jedynie w sytuacji znikomej zawartości wapnia w wodzie i osadzie.

Badania osadów najmłodszych (ostatnich kilkuset lat) – odtwarzanie warunków poprzedzających impulsy antropogeniczne o dużym natężeniu

Ostatnie lata przynoszą w coraz większym stopniu rosnące rozumienie znaczenia litoralu w produktywności jezior, a także wzrost znaczenia nowych metod badań produktywności litoralu, zwłaszcza analiz makroszcątkowych i pigmentów (HPLC pigment analysis), izotopowych i geochemicznych (Anderson 2006). Analiza wieloczynnikowa, wykorzystująca wyniki badań makrofosyliów roślinnych i zwierzęcych stosowana jest m.in. w badaniach współczesnych i minionych warunków pokarmowych ichtiofauny w płytkich jeziorach na Polesiu (por. Kornijów i Halkiewicz, w tym tomie).

Badania makroszcątkowe odgrywają także znaczną rolę w rekultywacji jezior (Davidson i in. 2005, Bennion i in. 2006). Umożliwiają one prześledzenie warunków poprzedzających impuls eutrofizujący, który występował, w przypadku jezior, podczas ostatnich 200 lat. Dla tego celu, w płytkich jeziorach prowadzone są badania makroszcątkowe, odtwarzające strukturę makrofitów. Wykorzystuje się w nich także archiwalne listy florystyczne, o ile takie dla danego obiektu istnieją.

Podsumowanie

W motto otwierającym niniejszy artykuł zacytowałem stwierdzenie Hilary Birks, że badania makroszcątkowe były pierwszymi badaniami roślin wykonywanymi w osadach jeziornych. Później jej osiągnięcia znalazły się w cieniu innych analiz, przede wszystkim palinologicznych. Dziś okazuje się, że analiza makroszcątkowa nie powiedziała jeszcze ostatniego słowa, a rosnąca liczba jej adeptów w naszym kraju i na świecie dobrze rokuje notowaniom na przyszłość. Anderson (2006), wśród wielu nowoczesnych metod rekonstrukcji produktywności jezior widzi również analizę makroszcątkową jako metodę, która – nie należąc do nowych – oferuje jednakże nowe bodźce: „Some approaches are not new but have received new impetus of late (macrofossil analysis)”. Ten sam autor wskazuje kluczowe znaczenie badań litoralu dla tej tematyki: „More recently, limnologists have increasingly identified

the need for a more holistic approach to lake productivity, which recognizes the importance of the littoral zone for lake functioning and to counter the inherent bias towards the pelagic zone in limnology". W tej zaś strefie analiza makroszczątkowa oferuje największe możliwości.

Słabo wykorzystana jest analiza makroszczątkowa w badaniach wód płynących. Podobnie, jak w przypadku jezior, jej możliwości w badaniach rekonstrukcji i funkcjonowania koryt rzek są stosowane w zbyt niskim stopniu. Próbkę zastosowań przynosi choćby praca Tobolskiego z paleomeandrów Warty w Żabinku pod Poznaniem (Tobolski 1988). W tematyce fluwialnej mieści się także praca Cabaja (1973) i tamże cytowane badania nad makrofosylami deponowanym w korycie rzeki (m.in. Pelc 1973, 1983).

Kolejnym, ledwie zaznaczonym w literaturze, polem zastosowań analiz są badania tafonomiczne, zajmujące się zagadnieniem stosunku składu żywej biocenozy do biocenozy obumarłej (tanatocenozy). Tą dziedzinę wiedzy niewątpliwie czeka dynamiczny rozwój. Tafonomia rozwinęła się w nurcie badań paleobiologicznych, odnoszących się do starszych okresów dziejów Ziemi. Krytyczny przegląd polskich prac tafonomicznych lub odnoszących się do tej tematyki do roku 1990 zawiera opracowanie Kowalewskiego (1991). Współczesne badania tafonomiczne ekosystemów wodnych są nadzwyczaj rzadkie, choć i tu wymienić należy opracowanie Cabaja (1993), aczkolwiek dotyczy rzeki, a nie jeziora. Tafocenozy mięczaków przedstawił Alexandrowicz (1987). Strzelczyk badała tafocenozę jeziora Dołgie Małe (Strzelczyk i in. 2002). Kilka cennych uwag na temat reprezentatywności składu diaspor w osadzie w stosunku do składu porastających dno makrofitów zawiera praca Birks & Birks (1980). Badania tafonomiczne są naturalnym pomostem pomiędzy hydrobiologią i paleoekologią czwartorzędową, i jako takie, winny być rozwijane.

Najważniejszą może rolę badań makroszczątkowych będzie utrwalanie paradygmatu ekologicznego w paleolimnologii. Rolę tę wykorzystać należy jako budowanie pomostów między limnologią fizyczną, geologią (osadów dennych jezior) i hydrobiologią, gdyż każda z tych dziedzin wiedzy jest równie ważna nie tylko w badaniach makroszczątkowych osadów dennych, ale we wszystkich badaniach paleolimnologicznych. Brakuje niewątpliwie, na forum paleolimnologów krytycznych dyskusji na temat potencjałów i ograniczeń poszczególnych metod.

Przedstawiona powyżej w zarysie różnorodność zastosowań analizy makroszczątkowej w badaniach paleolimnologicznych uzmysławia znaczenie takich badań, a także ukazuje rzadkość ich stosowania. Tematyka nie została tu wyczerpana, ale wręcz zaledwie zarysowana. Zakończyć chciałbym apelem o większą aktywność na polu popularyzacji tej, jakże interesującej, dziedziny badań (por. Drzymulska 2003). Bez popularyzacji nie rozwinięta nigdy drzemiących w niej jej potencjalnych możliwości.

Podziękowania

Dziękuję prof. K. Tobolskiemu, prof. S. Żurkowi (recenzentowi) oraz dr. M. Lamentowiczowi i dr. T. Szubertowi, którzy zechcieli czytać tę pracę na różnych etapach jej powstawania, wskazując braki i sugerując cenne poprawki oraz literaturę. Bez ich uwag byłby ona niewątpliwie uboższa.

Literatura

- Aalto M., 1970. Potamogetonaceae fruits. I. Recent and subfossil endocarps of the Fennoscandian species. *Acta Botanica Fennica* 88: 1-85.
- Alexandrowicz S.W. 1987. Analiza malakologiczna w badaniach osadów czwartorzędowych. *Geologia* 13, 1-2: 5-240.
- Anderson J.N. 2006. Reconstructing Lake Productivity: Limitations, Progress, and Future Requirements. W: 10th International Paleolimnology Symposium, June 25-29, 2006. Duluth, Minnesota, USA. Abstract Volume.
- Bennike O., Hoek W. 1999. Late Glacial and early Holocene records of stratiotes aloides L. form northwestern Europe. *Rev. of Palaeobotany and Palynology* 107: 259-263.
- Bennike O., Jenden J.B., Lamke W. 2001. Lake Quaternary records of Najas spp. (Najadaceae) form the southwestern Baltic region. *Rev. of Palaeobotany and Palynology* 114: 259-267.
- Bennike O., Brodersen K.P., Jeppesen E., Walker I.R. 2004. Aquatic invertebrates and high latitude paleolimnology. W: R. Pienitz, M.S.V. Douglas, J.P. Smol (eds.) Long term Environmental Change in Arctic and Antarctic Lakes. *Developments in Paleoenvironmental Research*, Vol. 8: 159-186.
- Bennion J., Sayer C., Davidson T., Burgess A., Hoare D. 2006. The Role of Paleolimnology in Lake Restoration. W: 10th International Paleolimnology Symposium, June 25-29, 2006. Duluth, Minnesota, USA. Abstract Volume.
- Berggren G. 1969. Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological description. Part 2. Cyperaceae. *Swedish Natural Science Research Council, Stockholm*.
- Berggren G. 1981. Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological description. Part 2. Salicaceae-Cruciferae. *Swedish Natural Science Research Council, Stockholm*: 1-261.
- Bernatowicz S., Zachwieja J. 1966. Typy litoralu jezior Pojezierza Mazurskiego i Suwalskiego. *Ekol. Pol. A*, 14: 519-545.
- Berglund B.E. (ed.) 1986. *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 1-869.
- Bertsch K.H., 1941. Früchte und Samen. Ein Bestimmungsbuch zur Pflanzenkunde der vorgeschichtlichen Zeit. *Stuttgart*: 1-247.
- Białobrzaska M. 1964. Wpływ różnych czynników na wielkość i kształt kopalnych owoców graba. *Acta Paleobot.* 5, 1: 3-21.
- Białobrzaska M., Truchanowiczówna J. 1960. Zmienność kształtu owoców i łusek europejskich brzoź (Betula) oraz oznaczanie ich w stanie kopalnym. *Monografie Botanicae* 9, 2: 1-93.
- Birks H.H. 1980. Plant macrofossil in Quaternary lake sediments. *Archiv für Hydrobiologie* 15: 1-60.
- Birks H.H. 2001. Plant macrofossils. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks & W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Vol. 3. Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. *Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands*: 49-74.

- Birks H.H. 2003. The importance of plant macrofossils in the reconstruction of Lateglacial vegetation and climate: examples from Scotland, western Norway, and Minnesota, USA. *Quater. Sci. Rev.* 22: 453-473.
- Birks H.H., Birks H.J.B. 2000. Future uses of pollen analysis must include plant macrofossils. *J. Biogeography* 27: 31-35.
- Birks H.J.B., Birks H.H. 1980. *Quaternary Palaeoecology*. Edward Arnold Limited.
- Błaszkiwicz M. 2005. Późnoglacialna i wczesnoolocena ewolucja obniżenia jeziornych na Pojezierzu Kociewskim (wschodnia część Pomorza). *Prace Geograficzne IGiPZ PAN nr 201*: 1-192.
- Bońska U. 1987. Analysis of macrofossils in bottom deposits of Lake Strążym (Brodnicza Lake District). *Acta Paleobotanica* 27(1): 305-310.
- Borówko-Dłużakowa 1961. Historia flory Puszczy Kampinoskiej w późnym glacie i holocenie. *Przeł. Geogr.* XXXIII, 3: 365-382.
- Borówko-Dłużakowa Z. 1977. Flora późnego glacia i holocenu. W: E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. II. Katalog skamieniałości. Wyd. Geol.*: 71-103.
- Borówko-Dłużakowa Z., Janczyk-Kopikowa Z. 1989a. Gromada Pteridophyta i Spermatophyta. W: W. Rühle, E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych. Wyd. Geol.*: 147-182.
- Brodniewicz I., Skompski S. 1977. Fauna bezkręgowców czwartorzędu. W: E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. II. Katalog skamieniałości. Wyd. Geol.*: 11-27.
- Cabaj W. 1993. Wpływ sedymentacji na formowanie i strukturę tafocenozy karpologicznej w środowisku rzeczonym. *Wyd. nauk. WSiP*: 1-135.
- Chucher C.S., Wilson M.C. 1990. Vertebrates. W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology. Geosci. Canada. Reprint Series 5*: 127-148.
- Coope G.R. 1986. Coleoptera analysis. W: B.E. Berglund (red.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 703-713.
- Davidson T.A., Bennion H., Sayer C., Rose N., David C. & Wade M. 2005. A 250 year comparison of historical, macrofossil and pollen records of aquatic plants in a shallow lake. *Freshwater Biology* 50: 1671-1686.
- Dąbska I. 1964. Charophyta – Ramienice. *Flora Ślaskowa* 13. PWN.
- Delorme L.D. 1990. Freshwater Ostracoda. W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology. Geosci. Canada. Reprint Series 5*: 93-100.
- Dickson J.H. 1986. Bryophyte analysis. W: B.E. Berglund (red.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 591-618.
- Digerfeld G. 1972. The post-glacial development of Lake Trummen. *Fol. Limnol. Scand.* 16: 1-104.
- Drzymulska D. 2003. Znaczenie analizy subfosylnych makroszczątków i stopnia rozkładu torfu dla rekonstrukcji środowiska. *Kosmos* 52, 2-3: 299-306.
- Drzymulska D. 2006. The Late Glacial and Holocene water bodies of Tańszy and Kładkowe Bagno mires (Puszcza Knyszyńska Forest): genesis and development. *Limnol. Rev.* 6: 73-78.
- Elias S.A. 2001. Coeloptera and Trichoptera. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publisher: 67-80.
- Francis D.R. 2001. Bryozoan statoblasts. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publisher: 105-123.
- Frey D.G., 1964. Remains of animals in quaternary lake and bog sediments and their interpretation. *Archiv für Hydrobiol.* 2: 1-114.
- Frey D.G. 1986. Cladocera analysis. W: B.E. Berglund (red.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 667-692.
- Galka M. 2006. Ujęciowy odcinek Strugi Siedmiu Jezior. W: G. Kowalewski & K. Milecka (red.) *Jeziora i torfowiska Parku Narodowego „Bory Tucholskie”*. Charzykowy: 137-144.
- Galka M., Tobolski K. 2006. Materiały do rozmieszczenia subfosylnych i współczesnych stanowisk kłoci wiechowatej *Cladium mariscus* (L.) w Parku Narodowym „Bory Tucholskie”. W: *Park Narodowy Bory Tucholskie u progu nowej dekady*, red. J. Banaszak & K. Tobolski, Charzykowy.
- Gluz I. Wasylkowa K. 1977. Flora plejstocenu i holocenu w wykopiskach archeologicznych. W: E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. II. Katalog skamieniałości. Wyd. Geol.*: 105-122.
- Granoszewski W. 2003. Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszki Duże, eastern Poland: a palaeobotanical study. *Acta Paleobotanica, Supp. No. 4*: 1-95.
- Griffiths H. I., Holmes J.A. 2000. Non-marine Ostracodes & Quaternary Palaeoenvironments. *Quaternary Research Association. Technical Guide* No. 8:1-180.
- Grosse-Brauckmann, G. 1972. Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe. I. Gewebereste krautiger Pflanzen und ihre Merkmale. *Telma* 2: 19-55.
- Grosse-Brauckmann, G. 1974. Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe. II. Weitere Reste (Früchte und Samen, Moose u. a.) und ihre Bestimmungsmöglichkeiten. *Telma* 4: 51-117.
- Grosse-Brauckmann G. 1986. Analysis of vegetative plant macrofossils. W: B.E. Berglund (ed.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 591-618.
- Grosse-Brauckmann, G. 1992. Über pflanzliche Makrofossilien mitteleuropäischer Torfe. III. Früchte, Samen und einige Gewebe. *Telma* 22: 53-102.
- Haas J.N. 1994. First identification key for charophyte oospores from Central Europe. *Eur. J. Phycol.* 29: 227-235.
- Halkiewicz A. 2005. Subfossil remains of Chironomidae from two shallow lakes representing extreme alternative states. *Studia Quaternaria* 22: 45-49.
- Halkiewicz A. 2007. Rekonstrukcja warunków siedliskowych w polimiktycznych jeziorach poleskich na podstawie analizy subfosylnych szczątków Chironomidae (Insecta, Diptera). *Dysertacja doktorska, Lublin AR*.
- Hallmann A., Namietko T. 2000. Subfossil profundal Ostracoda from Lakes Komorze and Siecino in northwestern Poland (preliminary result). W: E. Styczyńska-Jurewicz (ed.) *Crustacea – relict and rare species. Crangon – Issues of the Marine Biology Centre in Gdynia* 4: 13-18.
- Hann B.J. 1990. Cladocera. W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology. Geosci. Canada. Reprint Series 5*: 81-91.
- Harrison F.W. 1990. Freshwater Sponges. W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology. Geosci. Canada. Reprint Series 5*: 75-80.

- Hjelmroos M., 1982: The Holocene development of Lake Wielkie Gacno, NW Poland. A palaeoecological study. *Acta Paleobotanica*, 22[1], s. 23-46.
- Hjelmroos-Ericsson M., 1981: Holocene development of Lake Wielkie Gacno area, northwestern Poland. LUNQUA Thesis, 10, s. 1-101.
- Hofmann W. 1971. Zur Taxonomie und Paläoökologie subfossiler Chironomiden (Dipt.) in Seesedimenten. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 6: 1-50.
- Hofmann W. 1986. Chironomid analysis. W: B.E. Berglund (red.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 715-727.
- Holmes J.A. 2001. Ostracoda. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publisher: 125-151.
- Istomina E.S., Koreniewa M.M., Tiuremnov S.M. 1938. Atlas rastitielnych ostatkov vstreczajemych w torfie. Izd. ANSSR. Moskva-Leningrad.
- Iversen J. 1954. The Late-Glacial flora of Denmark and its relation to climate and soil. *Danm. Geol. Unders.* 2, 80: 87-119.
- Jacomet S. 1986. Zur Morphologie subfossiler Samen und Früchte aus postglazialen See- und Kulturschichtsedimenten der neolithischen Siedlungsplätze „AKAD-Seehofstrasse“ und „Pressehaus“ am untersten Zürichsee. *Botanica Helvetica* 96, 2: 159-204.
- Janczyk-Kopikowa Z. 1977. Flora plejstocenu. W: E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. II. Katalog skamieniałości*. Wyd. Geol.: 43-70.
- Janssens J.A. 1990. Bryophytes. W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology*. Geosci. Kanada. Reprint Series 5: 149-162.
- Jaroń B. 1938. Szczątki roślinne z wczesnego okresu żelaznego w Biskupinie, Wielkopolska. W: *Gród prasłowiański w Biskupinie*. Uniw. Poznański: 2-30.
- Jaroń B. 1939. Średniowieczne szczątki roślinne w wykopalisk w Gnieźnie. *Biblioteka Prehistoryczna* 4: 273-316.
- Jessen K. 1955. Key to subfossil Potamogeton. *Botanisk Tidskr.* 52, 1: 1-7.
- Jura C. 2002. *Bezkęgowce*. PWN: 1-864.
- Kac, N.J., Kac, S.W. i Skobiejewa, E. I., 1977. Atlas rastitielnych ostatkow w torfach. *Nedra*. Moskwa: 1-371.
- Kac, N.J., Kac, S.W. Kipiani M.G., 1965. Atlas i opredelitel plodow i semian wsteczajuszczyzhsia w czetwercznych otlozeniach SSSR. Izd. Nauka. Moskwa: 1-368.
- Karczmarz K. 1989a. Gromada Charophyta. W: W. Rühle, E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych*. Wyd. Geol.: 131-134.
- Karczmarz K. 1989b. Gromada Bryophyta. W: W. Rühle, E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych*. Wyd. Geol.: 134-147.
- Klimko M. 1992. Studia nad zmiennością współczesnych gatunków z rodzaju *Schoenoplectus* (L.) Palla. *UAM, ser. Biol.* 51: 1-146.
- Klinger P.U. 1976. Bearbeitung der mitteleuropäischen *Sphagna Cuspidata* im Hinblick auf moorstratigraphische Fragestellung. *Mitt. der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg*, 27: 1-59.
- Kloss M. 1993. Differentiation and development of peatlands in hollows without run-off on young glacial terrains. *Po. Ecol. Stud.* 19, 3-4: 115-219.
- Knapp H. 1993. Atlas pflanzlicher Epidermen. *Ber. Nat.-Med. Verein Innsbruck. Suppl.* 11: 5-112.
- Korhola A., Rautio M. 2001. Cladocera and other branchiopod crustaceans. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publisher: 5-41.
- Kornaś J., Medwecka-Kornaś A., 2002. *Geografia roślin*. PWN. Warszawa: 1-636.
- Kornijów R., Halkiewicz A. (w tym tomie) Uwarunkowania zaburzeń sekwencji odkładania osadów dennych w płytkich jeziorach poleskich w kontekście ich przydatności do badań paleoekologicznych.
- Koszałka J. 2000. Makroskopowe znaleziska roślinne z wczesno-średniowiecznych warstw kulturowych i osadów jeziornych w Gnieźnie rdzeń GN 22/XIII i SW 3/91. W: *Studia Lednickie VI*, 389-416.
- Kowalewski G. 2005: Rozwój zbiornika Józefowo przy jeziorze Ostrowite (PNBT). W: II Polska Konferencja Paleobotaniki Czwartorzędu, 10-13 maja 2005, Okuninka (Polesie Lubelskie); Streszczenia referatów: 15-16.
- Kowalewski G. mnskr. Subfossylne szczątki hydrobiontów w osadach dennych jezior poleskich jako wskaźnik aktualnych oraz historycznych warunków siedliskowych i pokarmowych ichtiofauny. Wyniki analiz makroszczątkowych z jezior: Kleszczów, Rotcze, Sumin, Głębokie Uścimowskie.
- Kowalewski G., Milecka K. (eds.) 2006. Lakes and mires of "Bory Tucholskie" National Park. Field guidebook (Jeziora i torfowiska Parku Narodowego „Bory Tucholskie”. Przewodnik terenowy). Bilingual edition. "Bory Tucholskie" National Park, Charzykowy 2006
- Kowalewski G., Schubert T., Tobolski K., 2002. Geologia i historia niektórych torfowisk Tucholskiego Parku Krajobrazowego. W: *Tucholski Park Krajobrazowy 1985-2000* (red. M. Ławrynowicz, B. Różga). Wyd. UŁ: 356-367.
- Kowalewski G., Woszczyk M., Milecka K., Bubak I. 2006. Osady dennie Jeziora Ostrowite W: *Jeziora i torfowiska Parku Narodowego „Bory Tucholskie”*. Charzykowy: 87-100.
- Kowalewski M. 1991. Tafonomia – dyscyplina w Polsce ignorowana. *Ann. Soc. Geolog. Pol.* 61: 257-264.
- Kowalski K. 1977. Fauna kęgowców czwartorzędu. W: E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. II. Katalog skamieniałości*. Wyd. Geol.: 29-41.
- Körber-Gröhne, von U. 1964. Bestimmungsschlüssel für subfossile *Juncus*-Samen und Gramineen-Früchte. *Probleme der Küstenforschung im Südlichen Nordseegebiet*, 7: 1-47.
- Körber-Gröhne, von U. 1991. Bestimmungsschlüssel für subfossile Gramineen-Früchte. *Probleme der Küstenforschung im Südlichen Nordseegebiet*, 18: 169-234.
- Krauze W. 1986. Zur Bestimmungsmöglichkeiten subfossiler Characeen-Oosporen an Beispiel aus Schweizer Seen. *Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 131, 4: 295-313.
- Krupiński K.M. 1995. Stratygrafia pyłkowa i sukcesja roślinności interglacjału mazowieckiego w świetle badań osadów z Podlasia. *Acta Geogr. Lodz.* 70: 1-200.
- Kubiak L., Polcyn M. 1991. Nowe znaleziska flor dryasowych w Lednickim Parku Krajobrazowym, (w:) K. Tobolski (red.) *Wstęp do paleoekologii Lednickiego Parku Krajobrazowego*. Biblioteka Studiów Lednickich, T. I, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, s. 11-114.

- Kubiak-Martens L. 1998. Makroszczatki roślinne. W: Paleoeologiczne studium późnoglacialnych osadów jeziora Lednica w Imiołkach, [red.] K. Tobolski. Biblioteka Studiów Lednickich. T. IV, Bydgoszcz, s.43-50.
- Kubovčík V. 2004. Chironomid tanatocenoses (Diptera: Chironomidae) in the sediments of the lakes of the High Tatra Mts. DIPTERON 20: 18-19.
- Kubovčík V. 2005. Environmental history of an alpine lake: a palaeolimnological study of Zmarzły Staw lake (High Tatra Mts, Poland). DIPTERON 21: 19-20.
- Kuśka A., Pawłowski J. 1989. Typ Arthropoda. Gromada Insecta. W: W. Rühle, E. Rühle (red.) Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych. Wyd. Geol.: 120-130.
- Kuśka A., Pawłowski J. mnskr. Chrząszcze (Coleoptera) z profilu Władysławów 1982 koło Turka.
- Lamentowicz M. 2004. Zmiany roślinności i zespołów korzenionózek skorupkowych Testacea (Protozoa) w późnym holocenie na torfowisku mszarnym Jelenia Wyspa w rezerwacie „Bagna nad Wstążką” (Tucholski Park Krajobrazowy). W: Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych. T. IV. UAM: 231-242.
- Lamentowicz M. 2005. Geneza torfowisk naturalnych i seminaturalnych w Nadleśnictwie Tuchola. Bogucki Wyd. Nauk.: 1-103.
- Lamentowicz M., Milecka K. 2004. *Lobelia dortmanna* L. seeds in lake sediments form the Tuchola Forest (Pomerania, Northern Poland). Acta Palaeobotanica 44, 2: 281-286.
- Lamentowicz M., Obremska M., Mitchell E.A.D. (w przygotowaniu do druku a). Multi-proxy study of the kettle hole peatland record (Tuchola, N Poland)
- Lamentowicz M., Tobolski K., Mitchell E.A.D. (w przygotowaniu do druku b). Palaeoecological evidence for anthropogenic ombrotrophication of kettle-hole peatlands – Implication for biodiversity conservation and carbon sequestration (Tuchola Pine Forest, NW Poland)
- Lange B. 1982. Key to northern Boreal and arctic species of Sphagnum, based on characteristics of the stem leaves. Lindbergia 8:1-29.
- Latalowa M. 1982. Postglacial vegetational changes in the Eastern Baltic Coastal Zone of Poland. Acta Paleobot. 22, 2: 179-249.
- Lemdahl G., 1991: Paleoeologia kopalnych owadów - przykład z późnoglacialnego stanowiska w Lednickim Parku Krajobrazowym, [w:] Wstęp do paleoekologii Lednickiego Parku Krajobrazowego, [red.] K.Tobolski. Wyd. Nauk. UAM: 129-143.
- Lemdahl G., 1998: Późnoglacialne poziomy owadów ze stanowiska w Imiołkach nad jeziorem lednica w Wielkopolsce, [w:] Paleoeologiczne studium późnoglacialnych osadów jeziora Lednica w Imiołkach (red.) K. Tobolski. Biblioteka Studiów Lednickich. T. IV: 55-57.
- Litt T. 1988a. Dryas octopetala w późnoglacialnych osadach limnicznych koło Dziekanowic (Okolice Lednogóry, Wielkopolska). Sprawozda. PTPN za tok 1986: 155-156.
- Litt T. 1988b. Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsentwicklung bei Dziekanowice (Umgebung Lednogóra, Wielkopolska). Acta Palaeobotanica 28 (1-2): 49-60.
- Lityńska-Zajac M., Wasylkowa K. 2005. Przewodnik do badań archeobotanicznych. Sorus: 1-566.
- Löffler H. 1986. Ostracod analysis. W: B.E. Berglund (ed.), Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 667-692.
- Lożek V. 1986. Mollusca analysis. W: B.E. Berglund (red.), Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 729-740.
- Lubliner-Mianowska K. 1951. Mchy liściaste. PZWS. Warszawa.
- Lubliner-Mianowska K. 1957. Torfowce. Opisy i klucze do oznaczania gatunków krajowych. PWN: 1-127.
- Madeyska T. 1992a. Metody paleobotaniczne. W: L. Lindner (red.) Czwartorzęd. Osady. Metody badań. Stratygrafia. Wyd. PAE: 343-367.
- Madeyska T. 1992b. Metody paleozoologiczne. W: L. Lindner (red.) Czwartorzęd. Osady. Metody badań. Stratygrafia. Wyd. PAE: 367-394.
- Makohonienko M. 2000. Przyrodnicza historia Gniezna. Prace Zakł. Biogeog. i Paleokol. UAM 1. Poznań: 1-147.
- Makohonienko M., Tobolski K. 1991. Flora dryasowa w osadach limnicznych północnej części Jeziora Lednickiego. Studia Lednickie II, s. 261-265.
- Makowiecki D. 2003. Historia ryb i rybołówstwa w holocenie na Niżu Polskim w świetle badań archeoichtologicznych. Inst. Archeologii i Etnologii PAN: 1-198.
- Marek S. 1955. Cechy morfologiczne i anatomiczne owoców rodzaju Polygonum L. i Rumex L. oraz klucze do ich oznaczania. Mon. Bot. 2: 77-161.
- Marek S. 1958. Europejskie rodzaje rodziny Polygonaceae w świetle wyników badań nad morfologia i anatomią nasion. Mon. Bot. 6: 57-96.
- Mądalski J. 1949. Cechy morfologiczne pestek europejskich gatunków Potamogeton (Tourn.) L. i klucz do oznaczania ich szczątków dyluwialnych. Pr. Wrocł. Tow. Nauk. B, 24: 1-25.
- Michaelis D. 1998. Eine Makrofossil-Analyse vom Birkbruch im Recknitz-Tal (Mecklenburg-Vorpommern) und ein Schlüssel zur Bestimmung von Braunmoostorfen. Telma 28: 25-37.
- Mikulski J.S. 1974. Biologia wód śródlądowych. PWN: 1-434.
- Milecka K. 2005. Historia jezior lobeliowych zachodniej części Borów Tucholskich na tle postglacialnego rozwoju szaty leśnej. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań: 1-249.
- Milecka K., Noryskiewicz A.M., Kowalewski G. (w przygotowaniu do druku). History of Białowieża Forest. Studia Quaternaria.
- Miller B.B., Tevesz M.J.S. 2001. Freshwater molluscs. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators. Kluwer Academic Publisher: 153-171.
- Morgan A.V., Morgan A. 1990. Beetles. W: B.G. Warner (red.) Methods in Quaternary Ecology. Geosci. Canada. Reprint Series 5: 113-126.
- Namietko T. 1995. Subfossil Ostracoda from deep lake habitats in N. Poland. W: Riha (ed.) Ostracoda and Biostratigraphy. Balkema, Rotterdam: 311-319.
- Namietko T. 2000. On a collection of subfossil Ostracoda from deep lakes habitats in NE Poland. Rare and little-known species. W: E. Styczyńska-Jurewicz (ed.) Crustacea – relict and rare species. Crangon – Issues of the Marine Biology Centre in Gdynia 4: 19-29.
- Namietko T., Namietko L. 2004. Wstępne wyniki sukcesji zgrupowań subfosylnych małżoraczków (Ostracoda, Crustacea) profundalu jeziora Wigry. Pr. Kom. Paleogeogr. Czwart. PAU II: 57-60.

- Namiotko T., Sywula T. 2005. Skorupiaki meiobentoniczne (Copepoda Harpacticoida i Ostracoda) jezior Raduńskich. W: W. Lange (red.) Jeziora górnej Raduni i jej zlewni w badaniach z udziałem Stacji Limnologicznej w Borucinie. Katedra Limnol. UG: 309-322.
- Namiotko T., Wiśniewska B., Miłostek A., 1993. Changes of Lake Hańcza (NE Poland) ecological state in the last fifty years with particular attention being paid to the profundal Ostracoda fauna. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 40, 3-4: 267-290.
- Noryskiewicz A.M., Kowalewski G., 2002. Development of the Dziedzinka raised bog (the Białawieski National Park) on the basis of palynological and plant macrofossils analysis. *Acta Agrophysica* 67: 197-206.
- Noryskiewicz B. 1982. Lake Steklin - a reference site for the Dobrzyń-Chełmno Lake District, N. Poland - report on palaeoecological studies for the IGCP-Project No 158B. *Acta Palaeobotanica* 22, 1: 65-83.
- Nowaczyk B., 1994: Wiek jezior i problemy zaniku brył pogrzebanego lodu na przykładzie sandru Brdy w okolicy Charzykowy, *Acta Univ. Nicolai Copernici, Geog.* XXVII, z. 92.
- Pałczyński A. 1958. Podstawy konstrukcji klucza do oznaczania orzeszków turzyc (*Carex*) w stanie kopalnym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 17: 43-54.
- Pałczyński A. 1992. Attempt to accurate the palaeophytosociological method in peat deposit investigations. *Acta Soc. Bot. Pol.* 61, 1: 115-123.
- Paterson W.P., Smith G.R. 2001. Fish. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators.* Kluwer Academic Publisher: 173-187.
- Pawłowski J., Kuśka A. 1987. A beetle fauna (Coleoptera) from the „Wolbrom 2” profile. *Acta Palaeobotanica* 27, 1: 117-120.
- Pelc S. 1973. Wędrówki roślin aluwiami Dunajca na odcinku Czorsztyn-Stary Sącz. *Fragm. Flor. Geobot.* 19, 2: 175-196.
- Pelc S. 1983. Owoce i nasiona we współczesnych osadach Dunajca w rejonie Pienin i przełomu beskidzkiego. *Pr. Monogr. WSP w Krakowie* 59: 1-110.
- Piechocki A. 1979. Mięczaki (Mollusca). PWN. Warszawa-Poznań: 1-187.
- Płóciennik 2005. Zastosowanie subfosylnych szczątków ochotkowatych (Diptera: Chironomidae) w badaniach nad paleoklimatem i rekonstrukcją zmian w środowisku. *Kosmos*, t. 54, 4: 401-406.
- Podbielkowski Z., Tomaszewicz H. 1979. *Zarys hydrobotaniki.* PWN:
- Polcyn M. 1991. Znaleźiska roślinne w podwodnej warstwie kulturowej w obrębie reliktywów wczesnośredniowiecznego mostu poznaskiego w jeziorze Lednica, [w:] *Wstęp do paleoekologii Lednickiego Parku Krajobrazowego* [red.:] K. Tobolski. Wydawnictwo naukowe UAM, Poznań, s. 87-94.
- Polcyn M. 2000. Uwagi na temat wybranych zbiorowisk roślinnych w otoczeniu wczesnośredniowiecznego Ostrowa Lednickiego i Giecza. *Studia Lednickie VI*: 339-350.
- Polcyn M. 2003. Archeobotaniczna interpretacja wczesnośredniowiecznych podwodnych warstw kulturowych z Ostrowa Lednickiego i Giecza. *Bibl. Stud. Lednickich IX*: 1-68.
- Ralska-Jasiewiczowa M. 1966. Osady dennie jeziora Mikołajskiego w świetle badań paleobotanicznych. *Acta Palaeobotanica* 7(2): 1-118.
- Ralska-Jasiewiczowa M. (red.) 2004. Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps. *Szafer Institut of Botany Pol. Acad. Sci. Kraków.*
- Ralska-Jasiewiczowa M., Demska D., van Geel B. 1998a. Late Glacial vegetation history recorded in the Lake Gościąg sediments. In: Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T., Starkel L. (eds.), *Lake Gościąg, Central Poland. A monographic study. Part I.* W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków: 128-143.
- Ralska-Jasiewiczowa M., van Geel B., Demska D. 1998b. Holocene regional vegetation history recorded in the Lake Gościąg sediments. In: Ralska-Jasiewiczowa M., Goslar T., Madeyska T., Starkel L. (eds.), *Lake Gościąg, Central Poland. A monographic study. Part I.* W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Science, Kraków: 201-219.
- Różycki S.Z. 1968. Zmiany zasięgu pojezierzy w Polsce w czasie interglacjalu. *Przegląd Geogr.* 40, 2: 325-331.
- Rybniček K. 1973. A comparison of the present and past mire communities of Central Europe. W: *Quaternary Plant Ecology* (red. H.J.B. Birks, R.G. West). Blackwell, Oxford: 237-291.
- Schoch W.H., Pawlik B., Schweingruber F.H. 1988. *Botanische makroreste. Ein Atlas zur Bestimmung häufig gefundener und ökologisch wichtiger Pflanzensamen.* Verlag Paul Haupt.
- Schubert T. 2003. *Paleogeografia i paleoekologia Ostrowa Lednickiego.* Pr. Zakł. Biogeogr. i Paleoekologii UAM. Bogucki Wyd. Nauk: 1-80.
- Schweingruber F.H. 1993. *Jahrringe und Umwelt - Dendroökologie.* Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft: 1-474.
- Skompski S. 1973. *Badanie małżoraczków.* W: E. Rühle (red.) *Metodyka badań osadów czwartorzędowych.* Wyd. Geol.: 255-258.
- Skompski S. 1991. *Fauna Czwartorzędowa Polski. Bezkręgowce.* Wyd. UW: 1-239.
- Skompski S. 1996. Wzorcowe zespoły malakofauny w różnych ogniwach stratygraficznych czwartorzędu. *Prace PIG* 151: 1-47.
- Skompski S., Makowska A. 1989a. *Typ Mollusca. Gromada Bivalvia.* W: W. Rühle, E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych.* Wyd. Geol.: 39-56.
- Skompski S., Makowska A. 1989b. *Typ Mollusca. Gromada Gastropoda.* W: W. Rühle, E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych.* Wyd. Geol.: 56-95.
- Smol J.P., H.J. Birks, W.M. Last (eds.) 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. DEVELOPMENTS IN PALEOENVIRONMENTAL RESEARCH.* Kluwer Academic Publisher:
- Smol J.P., H.J. Birks, W.M. Last (eds.) 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4: Zoological Indicators. DEVELOPMENTS IN PALEOENVIRONMENTAL RESEARCH.* Kluwer Academic Publisher:
- Solhøy T. 2001. Oribatid mites. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators.* Kluwer Academic Publisher: 81-104.
- Stańczykowa A. 1986. *Zwierzęta bezkręgowce naszych wód.* WSiP, Warszawa: 1-319.
- Starmach K., Wróbel S., Pasternak K. 1976. *Hydrobiologia. Limnologia.* PWN: 1-621.
- Stasiak J. 1963. *Historia jeziora Kruklin w świetle osadów strefy litoralnej.* Pr. Geogr. IG PAN 42: 1-94.

- Strzelczyk J., Naparty K., Szymańska L. 2002. Współczesna akumulacja detrytus roślinnego w osadach jeziora Dołgie Małe (Słowiński Park Narodowy). *Bad. Fizjogr. nad Pol. Zach. B*, 51: 155-162.
- Sywula T. 1974. *Małżoraczki. Fauna słodkowodna Polski* 24. PWN. Warszawa: 1-315.
- Sywula T., Pietrzeniuk E. 1989. Typ Arthropoda. Gromada Ostracoda. W: W. Rühle, E. Rühle (red.) *Budowa Geologiczna Polski. Cz. 3b. Kenozoik. Czwartorzęd. T. III. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych*. Wyd. Geol.: 95-120.
- Szafran B. 1957. *Mchy T. 1*. PWN.
- Szafran B. 1961. *Mchy T. 2*. PWN.
- Szafran B. 1963. Bryophyta I. Musci – Mchy. *Flora Słodkowodna Polski, T. 16*. PWN: 1-220.
- Szczepanek K., Stachowicz-Rybka R., 2004. Late Glacial an Holocene vegetation history of the „Little Desert”, dune area south-eastern Silesian Upland, southern Poland. *Acta Palaeobotanica* 44(2): 217-237
- Szeroczyńska K. 1998. Wioślarki jako źródło informacji w badaniach osadów jeziornych. *Studia Geol. Pol.* 112: 9-28.
- Szeroczyńska K., Zawisza E. (w tym tomie). Paleolimnologia – historia rozwoju jezior w Polsce w świetle badań fauny wioślarek.
- Szmeja J. 2006. *Przewodnik do badań roślinności wodnej*. Wyd. UG: 1-467.
- Święta-Musznicka J. 2005. Rekonstrukcja paleoekologiczna późnoholoceńskiej historii wybranych jezior lobeliowych na tle zmian zachodzących w ich zlewniach. *Mskr. pracy doktorskiej, Uniwersytet Gdański*.
- Tobolski K., 1987. Holocene vegetational development based on the Kluki reference site in the Gardo-Łeba plain. *Acta Palaeobotanica* 27,1: 179-222.
- Tobolski K. 1988. Paleobotanical study of Bolling sediments at Żabinko in the vicinity of Poznań, Poland. *Quaestiones Geographicae* 10: 119-124.
- Tobolski K., 1989. Wstępna informacja o badaniach paleobotanicznych podwodnych warstw kulturowych w Jeziorze Lednickim. *Studia Lednickie* 1: 99-102.
- Tobolski K. 1991. Biostratygrafia i paleoekologia interglacjału eemskiego i zlodowacenia Wisły rejonu konińskiego (zestawienie tabelaryczne). W: *Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin-Turek*. UAM, Poznań: 45-88.
- Tobolski K., 1998. Późnoglacialna historia zbiornika w Imiołkach. W: *Paleoekologiczne studium późnoglacialnych osadów jeziora Lednica w Imiołkach*. *Lednicki Park Krajobrazowy* (red. K. Tobolski). Poznań: 69-76.
- Tobolski K. 2000. *Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych*, PWN, Warszawa: 1-508.
- Tobolski K. 2003. Torfowiska na przykładzie Ziemi Świeckiej. *Świecie n/W*: 1-255.
- Tobolski K. 2006. Torfowiska Parku Narodowego „Bory Tucholskie”, Park Narodowy „Bory Tucholskie”, Charzykowy: 1-174.
- Tolonen K. 1986. Rhizopod analysis. W: B.E. Berglund (red.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 645-666.
- Tołpa S., Jasnowski M., Pałczyński A. 1967. System der genetischen Klassifizierung der Torfe Mitteleuropas. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 76: 9-99.
- Tomlinson P. 1985. An aid to the identification of fossil buds, bud-scales and catkin-bracts of British trees and shrubs. *Circaea* 3, 2: 45-130.
- Trautmann W. 1953. Zur Unterscheidung fossiler Spaltöffnungen der mitteleuropäischen Coniferen. *Flora* 140: 523-533.
- Urbański J. 1957. Krajowe ślimaki i małże. klucz do oznaczania wszystkich gatunków dotąd w Polsce wykrytych. *PZWS*: 1-274.
- Velichkevich F. Y., Mamakowa K. 1999. Taxonomic revision of the collections of plant macrofossils from same localities of Poland now referred to the Vistulian Glaciation. *Acta Palaeobotanica* 39, 1: 29-87.
- Velichkevich F.Y., Zastawniak E. 2006. Atlas of the Pleistocene vascular plant macrofossil of Central and Ekstern Europe. Part 1 – Pteridopytes and monocotyledons. W: *Szafer Inst. of Botany*: 1-224.
- Walker I. 1995. Chironomide as indicators of past environmental change. W: *The Chironomidae. Biology and ecology of non-biting midges*, red. P.D. Armitage, P.S. Cranston, L.C.V. Pinder. Chapman & Hall: 405-422.
- Walker I. 2001. Midges: Chironomidae and related Diptera. W: J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.) *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4. Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publisher: 43-66.
- Walker, I. R., 2007. *The WWW Field Guide to Fossil Midges*. (<http://www.paleolab.ca/wwwguide/>)
- Warner B.G. (ed.) 1990. *Methods in Quaternary Ecology*. Geosci. Canada. Reprint Series 5: 1-170.
- Warner B.G. 1990a. Other fossils. W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology*. Geosci. Canada: 149-162.
- Warner B.G. 1990b. Plant macrofossils. W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology*. Geosci. Canada. Reprint Series 5: 53-63.
- Warner B.G. 1990c. Testate Amoebae (Protozoa). W: B.G. Warner (red.) *Methods in Quaternary Ecology*. Geosci. Canada. Reprint Series 5: 65-74.
- Wasylkowa K. 1964. Roślinność i klimat późnego glacjału w środkowej Polsce na podstawie badań w Witowie koło Łęczycy. *Biul. Perygl.* 13: 261-38.
- Wasylkowa K. 1979. Plant macrofossil. W: *Palaeohydrological Changes in the Temperate Zone in the last 15 000 years. Subproject B. Lake and Mire Environments. Vol. 2. Guideline for Specific Methods*. Ed. by B.B. Berglund. *Internat. Geol. Correlation Programme Project* 158.
- Wasylkowa K. 1973. Badanie kopalnych szczątków roślin wyższych. W: E. Rühle (red.) *Metodyka badań osadów czwartorzędowych*. Wyd. Geolog.: 161-210.
- Wasylkowa K. 1986. Analysis of fossil fruits and seeds. W: B.E. Berglund (red.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester-New York: 571-590.
- Więckowski K., 1966. Osady denne jeziora Mikołajskiego. *Pr. Geogr.*, 57: 1-112.
- Zastawniak E. (red.) 2003. *Paleobotanika na przełomie wieków*. Botanical Guidebooks 26.
- Żurek S. 1996. *Wiek torfowisk i jezior w świetle datowań radiowęglowych*. *Zeszyty Nauk. Politech. Śląskiej* 80(14) *Geochronometria*: 59-77.