

HOLOCEŃSKA EWOLUCJA TORFOWISKA W ZATOCE SŁUPIAŃSKIEJ (JEZIORO WIGRY, NE POLSKA) W ŚWIELE ANALIZY MALAKOLOGICZNEJ

HOLOCENE EVOLUTION OF THE PEAT-BOG IN SŁUPIAŃSKA BAY (WIGRY LAKE, NE POLAND) IN THE LIGHT OF MALACOLOGICAL ANALYSIS

WITOLD PAWEŁ ALEXANDROWICZ¹, SŁAWOMIR ŻUREK²

Abstrakt. W profilach wierceń wykonanych na obszarze torfowiska w Zatoce Słupiańskiej rozpoznano trzy typy zespołów mięczaków. Liczne skorupki mięczaków występowały w obrębie serii gytii wapiennych i drobnodetrytusowych o miąższości 5,35 m. Malakofauna była reprezentowana głównie przez ślimaki wodne i małże. Taksony lądowe pojawiały się rzadko, a największe liczebności osiągały w stropowej części analizowanej sekwencji. Wydzielone zespoły mięczaków charakteryzowały odmienne typy siedlisk. Występujący w spągowej części profilu zespół z *Gyraulus laevis* zawiera liczne taksony zimnolubne i wiekowo odpowiada wczesnemu holocenowi. Młodsza fauna (zespół z *Gyraulus albus*) cechuje się znacznym udziałem form ciepłolubnych, a jego obecność wskazuje na fazę atlantycką. Zespół z gatunkami lądowymi występuje w stropowej części analizowanego profilu. Zespoły mięczaków reprezentują różne typy środowisk: strefę litoralną jeziora, okresowe zbiorniki wodne oraz podmokłe siedliska lądowe. Zmienność zespołów mięczaków oraz zróżnicowany udział skorupek i wieczek *Bithynia tentaculata* wskazuje na obecność faz obniżenia poziomu wody w jeziorze Wigry, które przypadają na fazę borealną, środkową część fazy atlantyckiej oraz schyłek fazy subborealnej i fazę atlantycką. Z tym ostatnim okresem wiąże się początek depozycji torfu.

Słowa kluczowe: gytia wapienna, zespoły mięczaków, zmiany środowiska, wahania poziomu jezior, holocen, jezioro Wigry.

Abstract. Three types of molluscan assemblages have been identified in a profile of calcareous gyttja and peat penetrated by drilling within the raised peat-bog of the Słupiańska Bay. Numerous shells of molluscs have been identified within the 5.35 m thick intervals of fine detritus of the calcareous gyttja. The shells belonged primarily to the bivalves and water snails. Terrigenous species appeared only rarely and have been more frequent in the upper part of the penetrated interval. The three distinguished molluscan assemblages have been described and interpreted in terms of representing different environmental conditions. Assemblage with *Gyraulus laevis* that occurs within the lower part of the interval consists of the cold-loving forms representing early Holocene. Assemblage with *Gyraulus albus* that occurs in the middle part of the interval consists of warm-loving species linked to the Atlantic Phase. Assemblage with terrigenous species, mainly snails, occurs in the upper part of the interval. The distinguished types of molluscan assemblages are composed of species characteristic of littoral habitat of ephemeral lakes and some of terrestrial habitats. Lake-level fluctuations are expressed by changing of molluscan fauna. Variable proportions of *Bithynia tentaculata* shells and opercula indicates low-level water stages of the Wigry Lake that took place during the Boreal Phase, the middle part of the Atlantic Phase and during the termination of the Sub Boreal and Sub Atlantic phases. The completion of gyttja accumulation and the beginning of peat deposition are associated with the latter period.

Key words: calcareous gyttja, assemblages of molluscs, environmental changes, lake-level fluctuations, Holocene, Wigry Lake.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: wpalex@geol.agh.edu.pl.

² Emerytowany Profesor Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytutu Geografii, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce; e-mail: jacekteofil@o2.pl.

WSTĘP

Jeziro Wigry jest położone na Pojezierzu Suwalskim, ok. 8 km na południowy wschód od Suwałk. Jest jednym z największych (2118,3 ha) i najgłębszych (73 m) jezior w Polsce. Tak duży zbiornik wodny charakteryzuje się wieloma swoistymi cechami, przez co budził zainteresowanie wielu badaczy, zajmujących się różnymi aspektami nauk przyrodniczych. Pierwszą monografię jeziora opublikowano już na początku XX w. (Kulwiec, 1904). W latach późniejszych powstało wiele opracowań dotyczących zarówno przyrody ożywionej, jak i nieożywionej jeziora Wigry. Opracowania te pozwoliły na poznanie historii rozwoju omawianego zbiornika w ciągu ostatnich 12 000 lat. Historia badań torfowisk, występujących licznie w otoczeniu jeziora Wigry, sięga okresu międzywojennego (Ołtuszewski, 1937). W latach 2004–2008 podjęto bardziej kompleksowe badania tych osadów, których podstawą były rdzenie pochodzące z 45 wierceń. Uzyskane dane litologiczne (Żurek, Drzymulska, 2007, 2009; Drzymulska, Żurek, 2008), uzupełnione badaniami szczątków roślinnych (Drzymulska, Żurek, 2007; Kupryjanowicz, 2007; Kupryjanowicz, Jurochnik, 2009), dostarczyły wielu nowych informacji o ewolucji jeziora Wigry. Jedną z unikalnych cech tego jeziora jest zachodząca współcześnie na dużą skalę sedimentacja osadów węglanowych – gytii wapiennej i kredy jeziornej (Rutkowski i in., 2009). Osady te ze względu na znaczną zawartość węglanu wapnia stwarzają dogodne warunki dla zachowania się skorupki mięczaków w stanie subfosylnym. Kilka profili wierceń wykonanych w obrębie jeziora poddano analizie malakologicznej (W.P. Alexandrowicz, 2000, 2003, 2009). Wyniki tych badań pozwoliły na charakterystykę zróżnicowania warunków siedliskowych, szybkości sedimentacji osadów oraz roli człowieka w przemianach środowiska. W jednym z wierceń wykonanym w rejonie Zatoki Słupiańskiej natrafiono na grubą serię gytii, zawierającej bogate zespoły mięczaków. Położenie tego stanowiska przy brzegu jeziora, ale poza jego obecnym zasięgiem, umożliwiło szczegółowe studia nie tylko nad zmianami klimatycznymi, lecz także nad wahaniami poziomu wód jeziora Wigry w czasie depozycji osadów.

TEREN BADAŃ

Powstanie jeziora Wigry wiąże się ze schyłkiem ostatniego zlodowacenia. Jest ono przykładem jeziora wytopiskowego i charakteryzuje się obecnością owalnych zagłębień (plos). Występują tu także głębokie, subglacjalne rynny (Ber, 2000, 2003, 2009). Obecność osadów jeziornych, głównie gytii wapiennej, na brzegach współczesnego zbiornika wskazuje, że pierwotny zasięg jeziora był większy niż obecnie. Początkowo płytkie jezioro ulegało w ciągu późnego glacjału pogłębianiu, co można wiązać z postępującym wytapianiem brył martwego lodu w jego podłożu (Ber, 2000, 2003, 2009). Na początku holocenu Wigry były już głębokim zbiornikiem wodnym, przypominającym współczesne

jeziro (Ber, 2000, 2003, 2009). Na jego brzegach rozwinęły się liczne torfowiska. Jedno z nich jest położone przy brzegu Zatoki Słupiańskiej, w południowej części jeziora (fig. 1).

Torfowisko w Zatoce Słupiańskiej obejmuje płaski obszar między jeziorami Wigry a Długim (Wigierskim), położony na wysokości ok. 132 m n.p.m., nieco powyżej współczesnego poziomu jeziora (fig. 1, 2). Jest ono otoczone przez wysoczyzny morenowe, sięgające rzędnej 152 m n.p.m. (fig. 2). Powierzchnię torfowiska porasta mszar (*Sphagnum magellanicum*) (Sokołowski, 1988). Wgłębną budowę torfowiska rozpoznano za pomocą kilku wierceń. W jednym z odwiertów (wiercenie 8A; fig. 1, 2) natrafiono na liczne skorupki mięczaków.

MATERIAŁ I METODA

Uzyskane w wyniku wykonanego wiercenia materiały poddano analizie litologicznej, a zawarte w osadach skorupki mięczaków stanowiły podstawę do badań malakologicznych. W profilu wiercenia 8A rozpoznano sekwencję osadów o łącznej miąższości 8 m. Przy opisie ich litologii wykorzystano klasyfikację genetyczną torfów (Tołpa i in., 1967) oraz klasyfikację gytii (Markowski, 1980). Stopień rozkładu torfów (H) określono zgodnie ze skalą Posta (Żurek, 2010). Popielność, czyli zawartość części mineralnych w osadzie, oznaczono przez wyprażanie w temperaturze 550°C. Wyżarzanie w temperaturze 950°C umożliwiło określenie zawartości węglanu wapnia. Kwasowość (pH) osadów określono metodą elektrometryczną (Maksimow, 1959). W obrębie torfów oznaczono także makroszcątki roślin (Drzymulska, Żurek, 2007).

Analiza malakologiczna obejmowała kilka etapów. Pierwszym z nich było pobieranie próbek z uzyskanego rdzenia (łącznie 22), które zostały przesłamowane na sicie o średnicy oczek 0,5 mm, a następnie wysuszone. W kolejnym etapie wybrano skorupki mięczaków (całe okazy i możliwe do oznaczenia fragmenty skorup). Oznaczeń fauny dokonano na podstawie kluczy (Wiktor, 2004; Piechocki, Wawrzyniak-Wydrowska, 2016) i kolekcji porównawczych. W dalszym toku analizy wykorzystano standardowe metody opisane przez Lożka (1964) oraz S.W. Alexandrowicza i W.P. Alexandrowicza (2011). Poszczególne gatunki zaklasyfikowano do grup ekologicznych. W analizowanym materiale były obecne łądowe taksomy higrofilne (grupa ekologiczna H), mięczaki wodne typowe dla okresowych zbiorników (grupa ekologiczna T) oraz gatunki charakterystyczne dla stałych zbiorników wodnych (grupa ekologiczna P). Procentowe udziały grup w poszczególnych próbkach były podstawą do skonstruowania osobniczego spektrum malakologicznego oraz diagramu dwuskładnikowego prezentującego relację między grupami ekologicznymi H+T i P. Wyliczono także Bithynia-index, czyli stosunek skorupek *Bithynia tentaculata* do wieczek (*operculum*) tego gatunku (S.W. Alexandrowicz, 1999; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011). Przeprowadzona analiza taksonomiczna (analizy dendrogramu podobieństw i korespondencji) umożli-

liwila wyrozniczenie trzech zespolow faunistycznych. Obliczen statystycznych dokonano z uzyciem programu PAST (Hammer i in., 2001).

WYNIKI

WYKSZTALCENIE OSADÓW W PROFILU WIERCENIA 8A

Na podstawie obserwacji litologicznych w profilu wiercenia 8A mozna wydzielic trzy odcinki. W jego nizszej czesci wystepuje gytia detrytusowo-wapienna, przechodzaca ku stropowi w gytie grubodetrytusowa, a nastepnie w torf. Profil przedstawia sie nastepujaco:

- 0-100 cm - torf wysoki (*Sphagnum sec. Acutifolia* - 20-35%, *Sphagnum sec. Palustris* - 15-35%, *Sphagnum sec. Cuspidata* - 15-25%, *Sphagnum sp.* - 15%, *Ericaceae* - 5%), w nizszej czesci silnie uwodniony; stopien rozkladu (H) - 0-5%;
- 100-150 cm - torf mszarno-turzycowy przejsciowy (*Sphagnum sec. Palustris* - 5%, *Sphagnum sec. Cuspidata* - 10-15%, *Sphagnum sp.* - 20%, *Carex* - 40-50%, *Bryales* - 5%, *Nymphaea alba* - 5%, nieoznaczone - 15-35%), silnie uwodniony; stopien rozkladu (H) - 30%;
- 150-265 cm - gytia grubodetrytusowa, brunatna z licznymi szczatkami roslin i *Cladocera*;
- 265-800 cm - gytia detrytusowo-wapienna, szara lub kremowa, miejscami widoczne brunatne pasemka; liczne sa skorupki mieczakow i szczatki roslin; popielnosc (P) zmienia sie w niewielkim zakresie (88-94%) i nieznacznie maleje ku spagowi; zawartosc węgla wapnia utrzymuje sie na stalym poziomie (39-41%), lokalnie osiaga 45%; wartosc pH zmienia sie od 8,7 w stropowej czesci warstwy do 8,4 w jej spagu.

Podobna sekwencja osadow, obejmujaca torf oraz gytie grubodetrytusowa i detrytusowo-wapienna o laczonej miazszosci 800 cm, wystepuje w profilu innego wiercenia zlokalizowanego w bezposrednim sasiedztwie opisanego powyzej (wiercenie 8; fig. 2). Rozpoznano tam wkladke torfu w spagu gytii (na glabokości 800-850 cm), ktora byla datowana w Laboratorium ¹⁴C Instytutu Politechniki Gliwickiej na 11 920 ±120 lat BP (12 103-11 534 cal BC). Nieco mlodsze sa szczatki roslin znalezione w spagowej czesci osadow jeziornych w wierceniu WZS/03 w Zatoce Slupianskiej (Piotrowska, Hajdas, 2005; Rutkowski, Król, 2005; Rutkowski i in., 2007, 2009; Kupryjanowicz i in., 2009) (fig. 2).

MALAKOFAUNA

Na potrzeby analizy malakologicznej pobrano material z warstwy gytii detrytusowo-wapiennej, ktory obejmowal 22 probki reprezentujace odcinek 270-800 cm (fig. 3). W analizowanym materiale stwierdzono wystepowanie 24 gatunkow mieczakow (3 gatunki slimakow ladowych, 14 gatunkow slimakow wodnych i 7 gatunkow malzy; tab. 1). Liczebnosć taksonow w poszczegolnych probkach zmieniala sie od 11



Fig. 1. Położenie obszaru badań

Location of study area

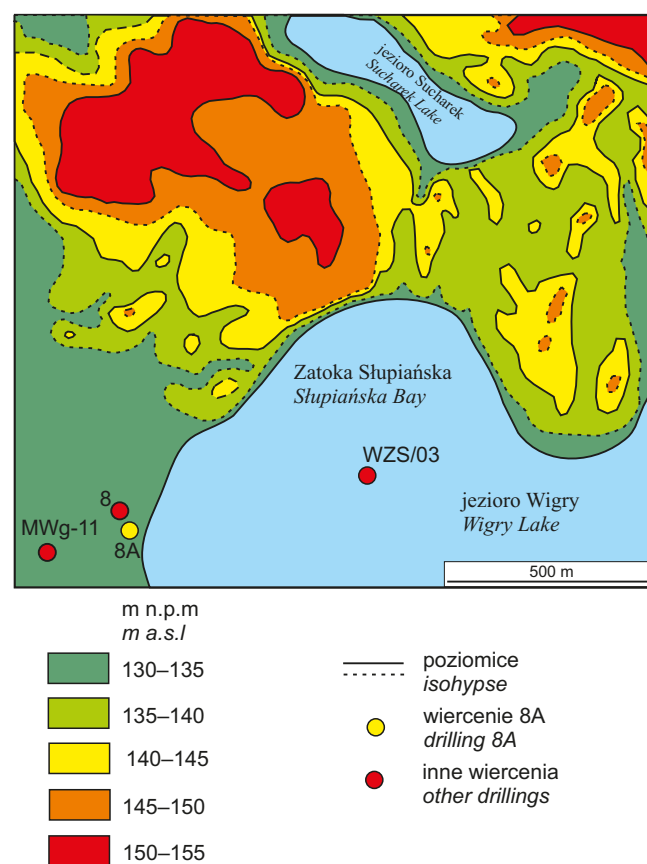


Fig. 2. Mapa hipsometryczna otoczenia Zatoki Słupiańskiej

Hypsometric map of surroundings of Słupiańska Bay

do 20, podczas gdy liczba osobników wahała się między 116 a 254 (fig. 3; tab. 1). Łącznie materiał skorupowy obejmował ponad 4000 okazów. Dodatkowo licznie występowały, niemożliwe do oznaczenia do rangi gatunku, ułamki skorup ślimaków (ponad 400) i małży (prawie 300; tab. 1). Osady budujące stropowy odcinek profilu (gytia grubodetrytusowa i torf) były pozbawione materiału malakologicznego.

Wszystkie trzy gatunki ślimaków lądowych rozpoznane w analizowanym materiale są taksonami higrofilnymi (grupa ekologiczna H). Pojawiają się one głównie w stropowej części sekwencji (fig. 3), gdzie ich udział w zespole przekracza 30%. Najliczniej występującym gatunkiem jest *Succinea putris*. Jest to wybitnie wilgociolubny takson, zasiedlający podmokłe biotopy, często także żyjący na wynurzonych łągach trzciny. Pozostałe dwie formy (*Vertigo antivertigo* i *Zonitoides nitidus*) występują na bardzo wilgotnych, otwar-

tych siedliskach lądowych (tab. 1). Drugą grupę mięczaków stanowią formy wodne, typowe dla okresowych zbiorników (grupa ekologiczna T). Ich charakterystyczną cechą jest zdolność przetrwania faz osuszenia zbiornika. Udział gatunków okresowych zbiorników wodnych zazwyczaj wynosi 20–30% zespołu, a w niektórych odcinkach profilu może przekraczać 50% (tab. 1; fig. 3). Najczęściej występującymi przedstawicielami omawianej grupy są *Valvata cristata* i *V. macrostoma*. Obydwa taksony należą do bentosu i najchętniej zasiedlają muliste dno z dużą ilością szczątków roślin. W omawianym materiale najliczniejszą grupą gatunków są formy typowe dla stałych zbiorników wód stojących (grupa ekologiczna P). Pojawiają się tu zarówno taksony euryekologiczne (*Pisidium casertanum*, *Pisidium henslowanum*), jak również mięczaki typowe dla stref litoralnych zbiorników o bujnej vegetacji roślinnej (*Gyraulus laevis*, *G. albus*).

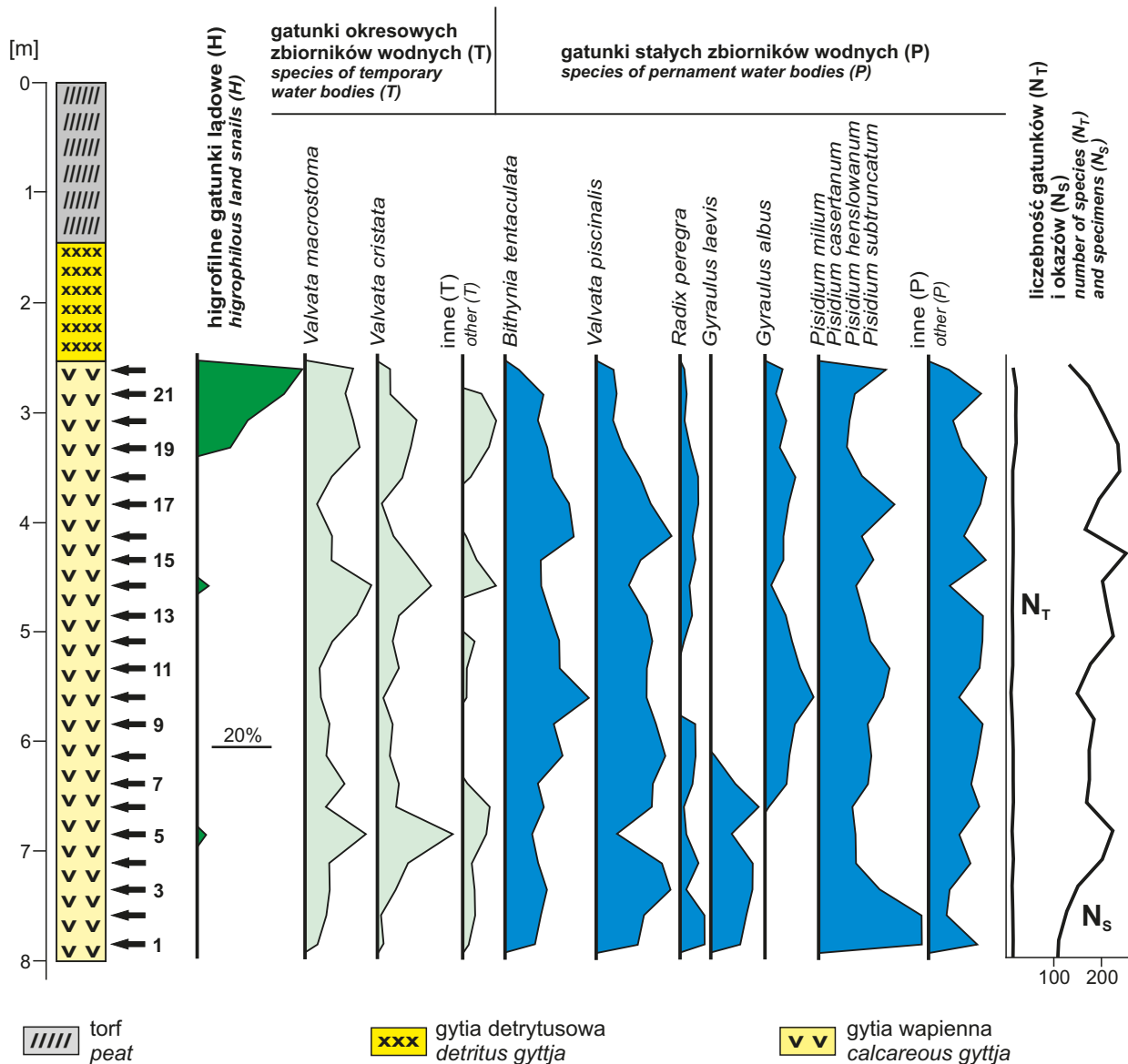


Fig. 3. Profil geologiczny i diagram malakologiczny wiercenia 8A

Geological profile and malacological diagram of 8A drilling

Tabela 1

Skład malakofauny w profilu wiercenia 8A
Composition of malacofauna in profile 8A

E	Gatunek	Próbki																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
H	<i>Succinea putris</i> (Linnaeus)					7								4									
H	<i>Vertigo antiverigo</i> (Draparnaud)																						
H	<i>Zonitoides nitida</i> (Müller)																						
T	<i>Vahvata macrostoma</i> (Mörch)	4	9	12	17	46	12	23	12	16	8	9	21	37	41	22	15	7	22	39	31	14	22
T	<i>Vahvata cristata</i> (Müller)	2	1	10	19	54	10	12	7	10	4	13	12	15	33	28	8	3	19	24	26	3	5
T	<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus)	1	3	4	4	12	14	1			1	2	9	1	17	10	1		4	14	16	2	
T	<i>Segmentina nitida</i> (Müller)	2	4	2	1	8	2						1		2	3			2	8	6	1	
T	<i>Pisidium obtusale lapponicum</i> (Clessin)	3	6	2	2	1	1																
P	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus)	12	15	21	25	21	22	19	34	31	42	33	40	33	28	31	39	42	37	33	22	23	7
	Skorupki	12	13	14	15	3	12	14	26	24	27	24	29	18	4	19	29	32	22	7	4	6	1
	Wieżka	0	2	7	10	18	10	5	8	7	15	9	11	15	24	12	10	10	15	26	18	17	6
P	<i>Vahvata piscinalis</i> (Müller)	17	21	39	46	15	33	35	39	35	26	31	42	36	22	39	40	33	35	21	12	18	8
P	<i>Aeroloxus lacustris</i> (Linnaeus)	1			5	4	7	5	4	7		3	8	7	4	8	5	7	10	7	5	10	3
P	<i>Radix balthica</i> (Linnaeus)	9	10	2	12	5	1	7	9	10					7	12	7	12	14	8	3	4	1
P	<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus)				1				5	2		2	6	2		3			5	1		2	
P	<i>Anisus contortus</i> (Linnaeus)	7	3	8	16	14	21	10	12	10	12	10	12	15	10	17	12	10	15	10	1	9	5
P	<i>Anisus vorticulus</i> (Troschel)											7	2	9	1	5	1	5	8	2		5	
P	<i>Gyraulus laevis</i> (Alder)	12	17	22	31	15	28	14	2														
P	<i>Gyraulus albus</i> (Müller)						1	12	14	17	22	21	18	12	5	16	10	14	21	12	14	7	8
P	<i>Gyraulus crista</i> (Linnaeus)	6	2	3	2	4	1	7	5	9	2	8	10	7	1	8	2	6	7	8	9	5	1
P	<i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus)	5	1		1			2	1	5		2	5	1		5		5	3		1		
P	<i>Pisidium milium</i> (Held)	12	15	10	12	8	8	10	8	10		11	9	5	3	12	7	8	10	5	6	6	4
P	<i>Pisidium easertanum</i> (Poli)	8	12	7	6	3	5	7	4	7	8	5	8	10	8	10	4	11	7	1	8	6	7
P	<i>Pisidium henslowianum</i> (Sheppard)	7	14	9	3	7	1	3	9	4	12	14	10	7	9	14	8	15	6	7	3	8	5
P	<i>Pisidium subtruncatum</i> (Malm)	9	2	6	1	5	3	9	10	12	10	10	8	6	7	11	5	13	12	9	5	4	11
P	<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus)																1	2			2		
	Suma gatunków	16	16	15	18	17	17	16	16	15	11	16	18	17	17	18	16	18	20	20	20	16	
	Suma okazów	116	133	156	204	229	170	176	175	185	147	181	224	212	202	254	165	193	237	233	204	182	133
Nieoznaczalne fragmenty skorup																							
	Ślimaki	17	19	12	21	24	15	20	17	13	17	19	22	15	24	27	15	21	26	24	19	20	16
	Małże	10	14	18	21	10	14	17	13	12	16	17	16	11	18	13	15	11	10	7	8	5	3

E – grupy ekologiczne mięczaków (na podstawie S.W. Alexandrowicza i W.P. Alexandrowicza, 2011): H – gatunki higrofilne, T – gatunki okresowych zbiorników wodnych, P – gatunki stałych zbiorników wodnych

E – ecological groups of molluscs (based on S.W. Alexandrowicz and W.P. Alexandrowicz, 2011): H – hygrophilous species, T – species of episodic water bodies, P – species of permanent water bodies

Kilka rozpoznanych tu form zasługuje na szczególną uwagę. Do tej grupy można zaliczyć w pierwszej kolejności *Gyraulus laevis* i *G. albus*. Obydwa żyją w podobnych siedliskach. Jednak pierwszy z wymienionych jest formą zimnolubną i współcześnie występuje bardzo rzadko na obszarze Polski (Piechocki, Wawrzyniak-Wydrowska, 2016). Jest on uważany za takson charakterystyczny dla osadów późnego glacjału i wczesnego holocenu (W.P. Alexandrowicz, 1999, 2007, 2013). Drugi z wymienionych gatunków ma znacznie wyższe wymagania termiczne i jest częstym składnikiem współczesnej fauny jeziornej. W osadach holocenijskich pospolicie pojawia się od fazy atlantyckiej (W.P. Alexandrowicz, 1999, 2007, 2013). Innym interesującym gatunkiem jest *Bithynia tentaculata*. Jest to forma źle znosząca chłodny klimat i praktycznie nieobecna w osadach późnego glacjału. W osadach holocenijskich jest natomiast bardzo pospolita, stanowi często najliczniej występujący takson (S.W. Alexandrowicz, 1999; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2007, 2013). *B. tentaculata* wytwarza dwa twarde elementy. Pierwszym z nich jest muszla, a drugim wapienne, grube wieczko (*operculum*). Obydwa zachowują się bardzo dobrze w osadach. Wykazują jednak różne cechy i w różny sposób reagują na procesy sedymentacji. Muszle często po śmierci zwierzęcia są wypełnione gazem lub powietrzem, w związku z tym charakteryzują się dobrą pływalnością i są łatwo przemieszczane przez prądy lub/i falowanie. Ciężkie wieczka szybko opadają na dno i wchodzi w skład osadów. Często jest więc obserwowane relatywne wzbogacenie osadów w wieczka lub w skorupki *B. tentaculata*. Wzajemny stosunek muszli i wieczek jest określany jako Bithynia-index (S.W. Alexandrowicz, 1999; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011) i może być używany na potrzeby rekonstrukcji środowiska. Przewaga wieczek jest typowa dla płytszych stref jezior, często porośniętych trzcinami lub inną roślinnością wodną. Dominacja muszli wskazuje na bardziej otwarte strefy litoralne, charakteryzujące się obecnością prądów i większą intensywnością falowania. Wskazuje ona także na ograniczenie stref porośniętych trzcinami skutecznie zmniejszającymi ruchliwość wód (S.W. Alexandrowicz, 1999; S.W. Alexandrowicz, W.P. Alexandrowicz, 2011). Kolejnym interesującym gatunkiem jest *Valvata piscinalis*. Jest to forma typowa dla litoralu jezior. Preferuje ona muliste dno i strefy o niezbyt bujnej roślinności zanurzonej (Piechocki, Wawrzyniak-Wydrowska, 2016) (tab. 1).

DYSKUSJA

ZESPOŁY MIĘCZAKÓW

Mimo że malakofauna rozpoznana w profilu wiercenia 8A jest stosunkowo uboga (24 gatunki), wykazuje jednak zróżnicowanie pionowe, przejawiające się w zmianie składu gatunkowego i struktury zespołów. Analiza dendrogramu umożliwia wyróżnienie trzech zespołów faunistycznych, wskazujących na zmiany warunków depozycji osadów (fig. 4).

Zespół z *Gyraulus laevis*. Ta malakocenoza pojawia się w spągowej części profilu (próbki 1–6; fig. 3, 4). Jej charakterystyczną cechą jest obecność *Gyraulus laevis*. Jest to pionierski, zimnolubny gatunek występujący w płytkich zbiornikach jeziornych o obfitej vegetacji roślinnej. Jego udział w omawianym zespole może dochodzić do 20%. Uzupełnienie stanowią inne gatunki wodne o dużej tolerancji siedliskowej i termicznej *Valvata piscinalis* i *Radix balthica* oraz małże z rodzaju *Pisidium* (fig. 3). Zaprezentowany skład fauny wskazuje na obecność płytkiego zbiornika wodnego o mulistym dnie i bujnej vegetacji roślinnej. Zespół z *Gyraulus laevis* jest charakterystyczną fauną dla iniejalnych zbiorników jeziornych, rozwijających się na północy Polski po ustąpieniu lądolodu. Jego zasięg stratygraficzny wyznaczony w wielu profilach kred jeziornych obejmuje późny glacjał i wczesny holocen (S.W. Alexandrowicz, 1989; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Kulesza i in., 2012; Marks i in., 2016). W podobnej pozycji stratygraficznej zespół ten był także notowany z innych obszarów Europy (m.in. Stelfox i in., 1980; W.P. Alexandrowicz, Sanko, 1997; Sümegi i in., 2011; Georgopoulou i in., 2015, 2016). Skład prezentowanej fauny wskazuje na jej związek z wczesnym holocenem. Za taką interpretacją przemawia kilka przesłanek. Po pierwsze obecność *Bithynia tentaculata*, która nie pojawia się w osadach późnego glacjału i dopiero od wczesnego holocenu staje się ważnym składnikiem malakocenoz jeziornych (S.W. Alexandrowicz, 1999; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Kulesza i in., 2012). Po drugie wynik datowania radiowęglowego osadów organicznych, leżących w spągu gytii zawierającej skorupki *Gyraulus laevis* – 11 920 ± 120 lat BP (12 103–11 534 cal BC) (wiercenie 8) i wiele dat w przedziale 12 000–10 500 lat BP (wiercenie WZS/03) (Piotrowska, Hajdas, 2005; Rutkowski, Król, 2005; Rutkowski i in., 2007, 2009; Kupryjanowicz i in., 2009). Po trzecie wyniki analiz malakologicznych spągu osadów węglanowych z położonego w sąsiedztwie wiercenia MWg-11 (W.P. Alexandrowicz, 2009). W profilu tym rozpoznano podobną sekwencję malakologiczną. W jej spągowej części są obecne liczne skorupki *Gyraulus laevis*, któremu towarzyszą inne taksony o dużej tolerancji termicznej.

Zespół z *Gyraulus albus*. Jest to fauna występująca w środkowej części profilu (próbki 7–18, oprócz próbki 14; fig. 3, 4). Charakterystyczną cechą tej malakocenozy jest obecność *Gyraulus albus*. Jest to gatunek o stosunkowo wysokich wymaganiach termicznych, typowy dla stałych zbiorników wód stojących, szczególnie często występujący w litoralnej strefie jezior (Piechocki, Wawrzyniak-Wydrowska, 2016). Gatunek ten jest bardzo rzadki w osadach wczesnego holocenu. Od fazy atlantyckiej, wraz z ocieplaniem klimatu, jego udział i znaczenie w malakocenozach wzrasta (S.W. Alexandrowicz, 1989; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Kulesza i in., 2012). Uzupełnieniem omawianej fauny są inne taksony typowe dla stałych zbiorników wodnych: *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis* i małże z rodzaju *Pisidium* (fig. 3). Charakterystyczny jest zanik pospolitego w niższej

części profilu *Gyraulus laevis*. Uzupełnienie stanowią formy typowe dla płytkich, okresowo wysychających zbiorników (*Valvata macrostoma*, *V. cristata*). Ich udział nie przekracza jednak 30% zespołu (fig. 3). Charakter fauny, a szczególnie obecność *Gyraulus albus*, wskazuje na stosunkowo ciepły klimat. Zespoły o podobnym składzie i strukturze były opisywane z licznych stanowisk kred jeziornych na północy Polski (S.W. Alexandrowicz, 1989; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Kulesza i in., 2012) i wiekowo odpowiadają środkowej części holocenu.

Zespół z gatunkami lądowymi. Faunę tę rozpoznano w próbkach 5 i 14 oraz w stropowej części profilu (próbki 19–22; fig. 3, 4). Charakterystyczną cechą tej malakocenozy jest obecność wilgociolubnych gatunków lądowych: *Succinea putris*, *Vertigo antivertigo* i *Zonitoides nitidus*. Formy te zasiedlają podmokłe, stosunkowo otwarte biotopy lądowe. Towarzyszą im liczne skorupki ślimaków okresowych zbiorników wodnych (*Valvata macrostoma*, *V. cristata*). Udział tych grup ekologicznych przekracza 50% (fig. 3). Gatunki stałych zbiorników wodnych są rzadsze. Na uwagę zasługuje także znacznie liczniejsze występowanie wieczek niż skorupki *Bithynia tentaculata* (fig. 5). Przedstawiona fauna jest typowa dla podmokłych stref rozwiniętych na brzegu jeziora. Podobne zespoły były opisywane z profili kred jeziornych na północy Polski (S.W. Alexandrowicz, 1989; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Kulesza i in., 2012).

ZMIANY ŚRODOWISKA

Sekwencja malakologiczna rozpoznana w profilu wiercenia 8A w Zatoce Słupiańskiej odzwierciedla zmiany środowiska tego obszaru w okresie holocenu. Uzupełnia ona dane i wnioski uzyskane na podstawie analiz fizykochemicznych oraz paleobiologicznych wykonanych w sąsiednich otworach wiertniczych (8, WZS/03 i MWg-11 – fig. 2) (Piotrowska, Hajdas, 2005; Rutkowski, Król, 2005; Rutkowski i in., 2007, 2009; W.P. Alexandrowicz, 2009; Kupryjanowicz i in., 2009). W profilu wiercenia 8A nie zachowały się osady reprezentujące inicjalne fazy rozwoju jeziora, które można korelować z późnym glaciałem (Kupryjanowicz i in., 2009). Za najstarszą należy uznać gytię (próbki 1–6), zawierającą zespół z *Gyraulus laevis*, charakteryzujący się dużym udziałem gatunków stałych zbiorników wód stojących (fig. 5). Obecność zimnolubnych gatunków: *Gyraulus laevis* i *Pisidium obtusale lapponicum* oraz występowanie typowo holoceńskiej formy *Bithynia tentaculata* wskazuje na związek omawianych osadów ze stosunkowo chłodnym okresem wczesnego holocenu, szczególnie z fazą preborealną (fig. 5). W tym okresie rejon wiercenia 8A znajdował się w płytkiej strefie jeziora. Skład fauny wskazuje na obecność roślinności pływającej i mulistego dna. Obserwowana dominacja skorupki *Bithynia tentaculata* nad wieczkami (wskaźnik Bithynia-index $Bi > 0$; fig. 5) jest typowa dla strefy litoralnej i świadczy o braku zwartych pasów trzcinowisk w rejonie sedymentacji osadów (S.W. Alexandrowicz, 1999; W.P. Ale-

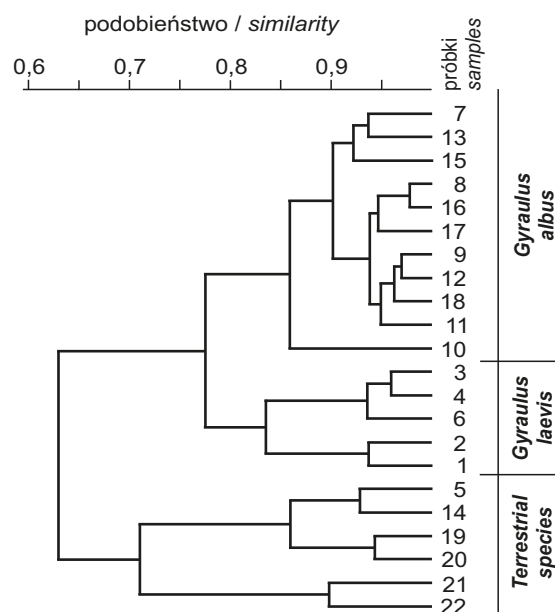


Fig. 4. Zespoły malakofauny w gytii wapiennej w profilu wiercenia 8A

Assemblages of molluscs in calcareous gyttjas from profile of 8A drilling

xandrowicz, 1999, 2007, 2013). Obserwacje te wskazują, że ówczesny zasięg jeziora był większy niż współcześnie. Podwyższony poziom wód w jeziorach jest w tym okresie obserwowany zarówno na Nizinie Europejskiej (Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1988; Starkel i in., 1996; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Nitychoruk i in., 2016), jak i w zachodniej Europie (Magny, 1992, 1993, 2004; Harrison i in., 1993; Magny, Rufaldi, 1995; Magny i in., 2003). W górnej części omawianego odcinka (próbka 5) zaznacza się wzrost udziału gatunków okresowych zbiorników wodnych. Pojawiają się także skorupki gatunków lądowych (*Succinea putris*). Tej zmianie fauny towarzyszy wyraźny spadek wartości Bithynia-index ($Bi < 0$), który wskazuje na spływanie zbiornika i pojawienie się zwartych pasów trzcin (fig. 5). Obniżenie poziomu wody w jeziorze Wigry, odzwierciedlone w faunie mięczaków, należy wiązać z okresem borealnym (fig. 5). Podobne wnioski wynikają z badań okrzemek, małżoraczków oraz wioślarek przeprowadzonych w sąsiednim wierceniu WZS/03 (Witkowski i in., 2009; Staniszewska, Namietko, 2009; Zawisza, Seroczyńska, 2009; Kupryjanowicz i in., 2009). Niski stan wód w jeziorach związany z omawianym okresem jest także zapisany w osadach wypelniających misy jeziorne w północnej Polsce (Starkel i in., 1996; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Nitychoruk i in., 2016) i zachodniej Europie (Magny, 1992, 1993, 2004; Harrison i in., 1993; Magny, Rufaldi, 1995; Magny i in., 2003). Zaznacza się także w profilach licznych torfowisk (Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1988; Ralska-Jasiewiczowa, 1989). Można go prawdopodobnie wiązać z fazą pogłębiania

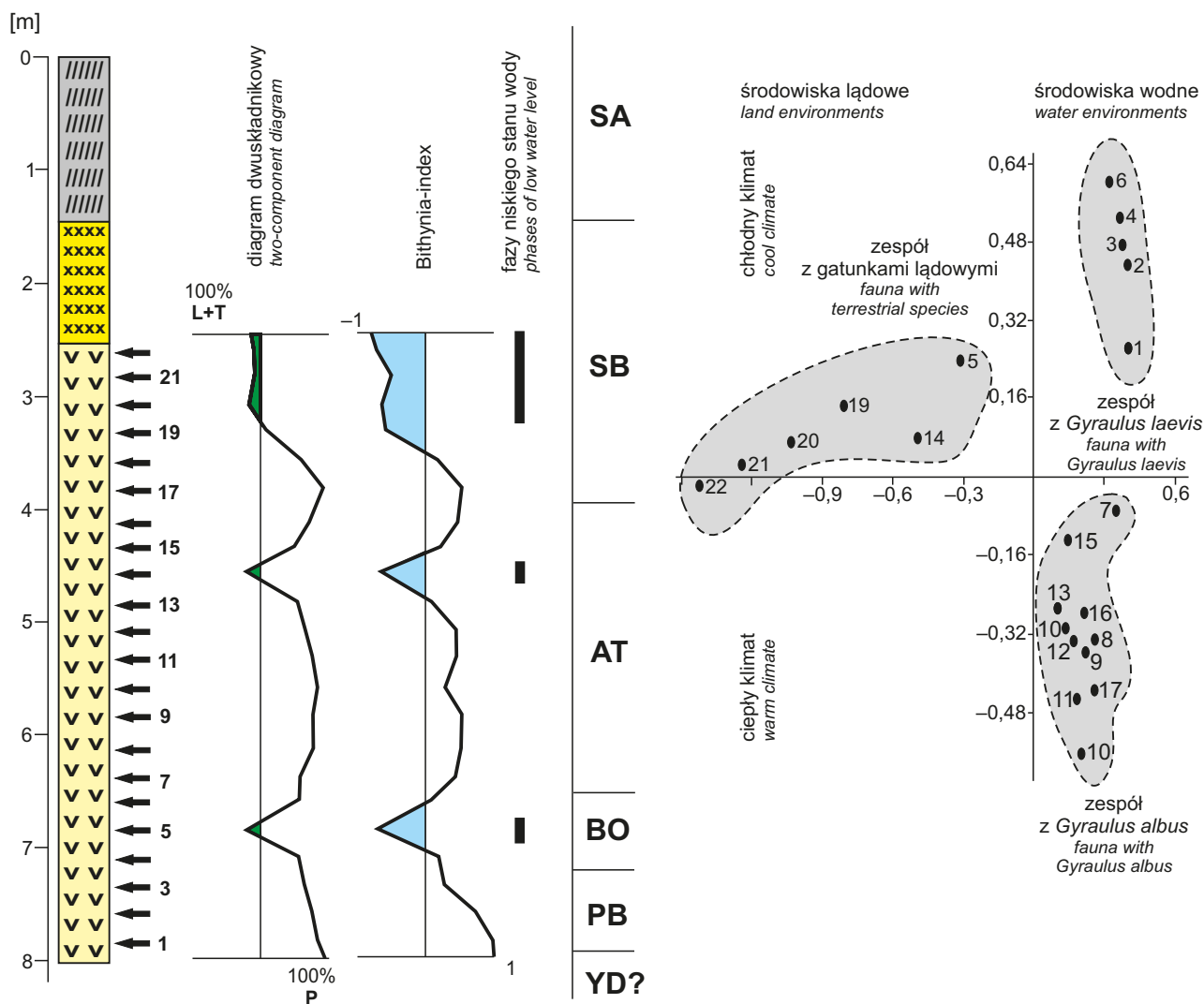


Fig. 5. Stratygrafia i zmiany środowiska jeziora Wigry w świetle badań malakologicznych w profilu wiercenia 8A

SA – faza subatlantycka; SB – faza subborealna; AT – faza atlantycka; BO – faza borealna; PB – faza preborealna; YD – młodszy Dryas; pozostałe objaśnienia jak na figurze 3

Startigraphy and environmental changes of Wigry Lake in the light of malacological analysis of profile 8A drilling

SA – Subatlantic Phase; SB – Subboreal Phase; AT – Atlantic Phase; BO – Boreal Phase; PB – Preboreal Phase; YD – Younger Dryas; for other explanations see Figure 3

mis jeziornych związaną z intensywnym wytapianiem leżących w ich podłożu brył martwego lodu (Ber, 2000, 2003, 2009; Kupryjanowicz i in., 2009). W leżącej powyżej gytii zaznacza się zmiana charakteru malakofauny. Przejawia się ona z jednej strony we wzroście udziału gatunków typowych dla strefy litoralnej, a z drugiej – zastępowaniem *Gyraulus laevis* przez *G. albus*. Obserwacje te wskazują na podniesienie się poziomu wody w jeziorze oraz na znaczne ocieplenie klimatu. Wskaźnik Bithynia-index zbliża się do wartości 1, co wskazuje na zanik trzciniowisk i jest typowe dla otwartych stref litoralnych (S.W. Alexandrowicz, 1999; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2007, 2013) (fig. 5). Podniesienie poziomu wód w jeziorach przy jednoczesnym wzroście temperatury i wilgotności jest charakterystyczne dla fazy

atlantyckiej (Magny, 1992, 1993, 2004; Harrison i in., 1993; Starkel i in., 1996; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Magny i in., 2003). Zjawisko to można wiązać ze zmianą cyrkulacji atmosferycznej, która pociągnęła za sobą napływ nad Europę Środkową ciepłych i wilgotnych mas powietrza oceanicznego (Mayewski i in., 2004). W obrębie omawianego odcinka można zaobserwować krótkotrwały epizod obniżenia poziomu wody jeziora (próbka 14). Jest on podkreślony przez znaczny wzrost udziału gatunków okresowych zbiorników wodnych, pojawienie się taksonów lądowych oraz spadek wartości Bithynia-index poniżej 0 (fig. 5). Faza ta może być korelowana ze środkową częścią okresu atlantyckiego. Na taką interpretację wiekową wskazują rekonstrukcje wahań pozio-

mu wód w jeziorach na północy Polski (Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1988; Starkel i in., 1996; Wojciechowski, 1999, 2000), a także w zachodniej Europie (Magny, 1992, 1993, 2004; Harrison i in., 1993; Magny i in., 2003). W stropowej sekwencji gytii można obserwować bardzo wyraźną zmianę charakteru malakofauny. Udział w zespole mięczaków typowych dla stref jezior znacząco spada (od ok. 80 do 40%). W ich miejsce pojawiają się gatunki okresowych zbiorników wodnych oraz taksony lądowe, których udział wzrasta ku stropowi, osiągając maksymalnie 35%. Te zmiany wskazują jednoznacznie na obniżenie poziomu wód jeziora Wigry. Można je korelować ze starszą częścią fazy subborealnej. Potwierdzeniem tej interpretacji są wyniki badań okrzemek w niedaleko położonym profilu wiercenia WZS/03 (Witkowski i in., 2009; Kupryjanowicz i in., 2009) jednoznacznie wskazujące na obniżenie poziomu wody (fig. 5). Podobne zjawisko stwierdzono także w innych profilach osadów jeziornych (Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1988; Magny, 1992, 1993, 2004; Harrison i in., 1993; Pazdur i in., 1994; Wojciechowski, 1999, 2000; Magny i in., 2003). W wyższej części omawianego profilu zmienia się charakter osadu. W miejsce gytii detrytusowo-wapiennej pojawia się gytia grubodetrytusowa, a następnie torf. W stropowym odcinku profilu skorupki mięczaków nie występowały. Badania przybrzeżnych torfowisk w otoczeniu jeziora Wigry wskazują, że miąższość torfów, położonych na sekwencji gytii wapiennych, zazwyczaj nie przekracza 1–2 m (Żurek, Drzymulska, 2009). Podobna sytuacja jest obserwowana w profilu wiercenia 8A. Początek sedymentacji osadów fitogenicznych przypada zazwyczaj na schyłek fazy subborealnej, przełom faz subborealnej i subatlantyckiej lub na starszą część fazy subatlantyckiej (Drzymulska, Żurek, 2007; Żurek, Drzymulska, 2009; Piotrowska, 2009). Z tym okresem należy wiązać sekwencje torfów w profilu wiercenia 8A (fig. 5).

WNIOSKI

Sekwencja zmian środowiska zapisana w profilu malakologicznym wiercenia 8A w Zatoce Słupiańskiej ściśle nawiązuje do rekonstruowanej ewolucji jeziora Wigry w czasie holocenu. We wczesnym holocenie poziom wód jeziora był nieco wyższy niż współczesny. Potwierdzają to zarówno wyniki badań malakologicznych w profilu wiercenia 8A i w położonym w sąsiedztwie odwiercie MWg-11 (W.P. Alexandrowicz, 2009), jak również wyniki badań okrzemek (profil wiercenia WSZ/03; Witkowski i in., 2009) oraz wyniki analiz *Cladocera* (profil wiercenia WZS/03; Zawisza, Seroczyńska, 2009) i *Ostracoda* (profil wiercenia WSZ/03; Staniszevska, Namiotko, 2009). Na panujący wówczas chłodny klimat wskazuje liczne występowanie *Gyraulus laevis*. Wysoki stan wód jeziora utrzymywał się także w czasie fazy atlantyckiej i być może także w starszej części fazy subborealnej. Analizy fauny mięczaków wskazują na obecność trzech okresów obniżenia poziomu wody w jeziorze. Najstarszy z nich można wiązać z fazą borealną, młodszy odpowiada środkowej części fazy atlantyckiej, a najmłodszy

schyłkowi fazy subborealnej i fazie subatlantyckiej. Z tym ostatnim okresem wiąże się zakończenie sedymentacji gytii i początek depozycji torfu (Żurek, Drzymulska, 2009). Podobne wahania poziomu wód w jeziorach i na torfowiskach były opisywane z licznych profili na Nizinie Europejskiej i w zachodniej Europie (Ralska-Jasiewiczowa, Starkel, 1988; Magny, 1992, 1993, 2004; Harrison i in., 1993; Pazdur i in., 1994; Wojciechowski, 1999, 2000; Magny i in., 2003). Wiąże się one niewątpliwie ze zmianami warunków klimatycznych, głównie z obecnością faz bardziej wilgotnych, przedzielonych okresami suchszymi. Nastęstwo zespołów malakofauny wskazuje także na wyraźne ocieplenie klimatu na przełomie faz borealnej i atlantyckiej. Jest ono podkreślone zanikiem *Gyraulus laevis* i pojawieniem się w jego miejsce *G. albus*. Jest to zjawisko powszechnie obserwowane w profilach osadów jeziornych na północy Polski (S.W. Alexandrowicz, 1989; W.P. Alexandrowicz, 1999, 2000, 2002, 2007, 2013; Wojciechowski, 1999, 2000; Kulesza i in., 2012). W profilu wiercenia 8A brak jest dokumentacji malakologicznej najmłodszej fazy rozwoju jeziora związanej z działalnością człowieka i przejawiającej się w szybko postępującej eutrofizacji. Badania malakologiczne osadów jeziornych reprezentujących ten okres wykazały masowe pojawienie się dwóch ekspansywnych gatunków – *Dreissena polymorpha* i *Potamopyrgus antipodarum* (Brzeziński, 1999; W.P. Alexandrowicz, 2000, 2009; Brzeziński, Kołodziejczyk, 2001). Dowodzi to, że strefa depozycji osadów budujących profil wiercenia 8A była wówczas obszarem lądowym pozbawionym kontaktu z wodami jeziora.

Praca była finansowana w ramach umowy badań statutowych AGH nr 11.11.140.005.

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ S.W., 1989 – Zespoły mięczaków w późnoczwartorzędowych osadach jeziornych północnej Polski. *Stud. i Mat. Oceanolog.*, **56**: 267–276.
- ALEXANDROWICZ S.W., 1999 – *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) as an indicator of age and deposition environment of Quaternary sediments. *Folia Malacologica*, **7**, 2: 79–88.
- ALEXANDROWICZ S.W., ALEXANDROWICZ W.P., 2011 – Analiza malakologiczna. Metody badań i interpretacji. *Rozprawy Wydziału Przyrodniczego PAU*, **3**: 5–302.
- ALEXANDROWICZ W.P., 1999 – Evolution of the malacological assemblages in North Poland during the Late Glacial and Early Holocene. *Folia Quater.*, **70**: 39–69.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2000 – The malacofauna of the Upper Holocene lacustrine sediments of Wigry Lake. *Folia Malacologica*, **8**: 141–149.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2002 – Molluscan assemblages of ancient lake in Różyny near Skowarcz (Żuławy Wiślane, North Poland). *Folia Malacologica*, **10**, 4: 215–224.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2003 – Zespoły mięczaków w holoceńskich osadach dennych jeziora Wigry. *Pr. Komisji Paleogeog. Czwartorzędu*, **1**: 47–49.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2007 – Malakofauna późnoglacialnych i holoceńskich węglanowych osadów jeziornych północnej Polski. *Geol. AGH*, **33**, 4: 395–420.

- ALEXANDROWICZ W.P., 2009 – Zmiany środowiska w jeziorze Wigry w świetle badań mięczaków. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 228–241. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- ALEXANDROWICZ W.P., 2013 – Late Glacial and Holocene molluscan assemblages in deposits filling palaeolakes in Northern Poland. *Stud. Quatern.*, **30**, 1: 5–17.
- ALEXANDROWICZ W.P., SANKO A.F., 1997 – Malacofauna and calcareous deposits in the Ptič Valley (Minsk Upland, Belarus). *Folia Quater.*, **68**: 203–211.
- BER A., 2000 – Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **180**: 1–89.
- BER A., 2003 – Budowa geologiczna obrzeżenia i geneza jeziora Wigry. *Pr. Komis. Paleogeogr. Czwartorzędu*, **1**: 25–30.
- BER A., 2009 – Budowa geologiczna, geomorfologia i geneza obrzeżenia jeziora Wigry w nawiązaniu do struktur głębokiego podłoża. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 13–30. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- BRZEZIŃSKI T., 1999 – New localities of *Potamopyrgys antipodarum* (Gray, 1843) in the waters of the Wigry National Park. *Folia Malacologica*, **7**, 2: 103–107.
- BRZEZIŃSKI T., KOŁODZIEJCZYK A., 2001 – Distribution of *Potamopyrgys antipodarum* (Gray, 1843) in the waters of the Wigry National Park (NE Poland) and the effect of selected habitat factors on its occurrence. *Folia Malacologica*, **9**, 3: 125–135.
- DRZYMULSKA D., ŻUREK S., 2007 – Wstępne wyniki badań nad genezą torfowisk przybrzeży wigierskich. *Pr. Komis. Paleogeogr. Czwartorzędu*, **5**: 125–131.
- DRZYMULSKA D., ŻUREK S., 2008 – Torfowiska dolinne i przyjeziorne w strefie Wigier. *Pr. Komis. Paleogeogr. Czwartorzędu*, **6**: 153–158.
- GEORGOPOULOU E., NEUBAUER T.A., KROH A., HARZHAUSER M., MANDIC O., 2015 – An outline of the European Quaternary localities with freshwater gastropods: Data on geography and updated stratigraphy. *Palaeontol. Electron.*, **18.3.48A**: 1–9.
- GEORGOPOULOU E., NEUBAUER T.A., STRONA G., KROH A., MANDIC O., HARZHAUSER M., 2016 – Beginning of a new age: How did freshwater gastropods respond to the Quaternary climate change in Europe? *Quatern. Sci. Rev.*, **149**: 269–278.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T., RYAN P.D., 2001 – Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.*, **4**, 1: 1–9.
- HARRISON S.P., PRENTICE I.C., GUIOT J., 1993 – Climatic controls on Holocene lake-level changes in Europe. *Climate Dynamics*, **8**, 4: 189–200.
- KULESZA P., SUCHORA M., PIDEK I.A., DOBROWOLSKI R., ALEXANDROWICZ W.P., 2012 – The Holocene palaeoenvironmental changes reflected in the multi-proxy studies of Lake Stone sediments (SE Poland). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, **363/364**: 79–98.
- KULWIEĆ K., 1904 – Materyały do fizyografii jeziora Wigierskiego. *Pam. Fizyograficzny*, **18**: 1–42.
- KUPRYJANOWICZ M., 2007 – Postglacial development of vegetation in the vicinity of the Wigry Lake. *Geochronometria*, **27**: 53–66.
- KUPRYJANOWICZ M., JUROCHNIK A., 2009 – Zapis pyłkowy postglacjalnych zmian roślinności zawarty w osadach dennych jeziora Wigry. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 181–198. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- KUPRYJANOWICZ M., PIOTROWSKA N., RUTKOWSKI J., KRZYUSZTOFIK L., 2009 – Podsumowanie. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 256–264. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- LOŽEK V., 1964 – Quartärmollusken der Tschechoslowakei. *Rozprawy Ustředního Ústavu Geologického*, **31**: 3–374.
- MAGNY M., 1992 – Holocene lake-level fluctuations in Jura and the northern subalpine ranges, France: regional pattern and climatic implications. *Boreas*, **21**, 4: 319–334.
- MAGNY M., 1993 – Holocene fluctuations of lake levels in the French Jura and sub-Alpine ranges, and their implications for past general circulation patterns. *The Holocene*, **3**, 4: 306–313.
- MAGNY M., 2004 – Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quatern. Internat.*, **113**, 1: 65–79.
- MAGNY M., BÉGEOT C., GUIOT J., PEYRON O., 2003 – Contrasting patterns of hydrological changes in Europe in response to Holocene climate cooling phases. *Quatern. Sci. Rev.*, **22**, 15–17: 1589–1596.
- MAGNY M., RUFFALDI P., 1995 – Younger Dryas and early Holocene lake-level fluctuations in the Jura mountains, France. *Boreas*, **24**: 155–172.
- MAKSIMOW A., 1959 – Torf i użytkowanie surowca torfowego w rolnictwie. Państwowe Wydawnictwo Rolne i Leśne, Warszawa.
- MARKOWSKI S., 1980 – Struktura i własności podtorfowych osadów jeziornych rozprzestrzenionych na Pomorzu Zachodnim jako podstawa ich rozpoznawania i kasyfikacji. *Kreda Jeziora i Gytie*, **2**: 44–55.
- MARKS L., DZIERŻEK J., JANISZEWSKI R., KACZOROWSKI J., LINDNER L., MAJECKA A., MAKOS M., SZYMANEK M., TOŁOCZKO-PASEK A., WORONKO B., 2016 – Quaternary stratigraphy and palaeogeography of Poland. *Acta Geol. Pol.*, **66**, 3: 403–427.
- MAYEWSKI P.A., ROHLING E.E., STAGER J.C., KARLEN W., MAASCH K.A., MEEKER L.D., MEYERSON E.A., GASSE F., VAN KREVELD S., HOLMGREN K., LEE-THORP J., ROSQVIST G., RACK F., STAUBWASSER M., SCHNEIDER R.R., STEIG E.J., 2004 – Holocene climate variability. *Quatern. Res.*, **62**, 3: 243–255.
- NITYCHORUK J., SZYMANEK M., BIŃKA K., KASPRZYCKA M., ZBUCKI Ł., 2016 – Changes of sedimentation in the Dłużno Lake based on geoarchaeological data from the Teutonic fortress in Elbląg, North Poland. *Acta Geol. Pol.*, **66**, 1: 85–98.
- OLETUSZEWSKI W., 1937 – Historia lasów Pojezierza Suwalsko-Augustowskiego w świetle analizy pyłkowej. *Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Pr. Komis. Mat.-Przyr.*, **8**, 4: 1–65.
- PAZDUR A., PAZDUR M.F., GOSLAR T., WICIK B., ARNOLD M., 1994 – Radiocarbon Chronology of Late Glacial and Holocene Sedimentation and Water-Level Changes in the Area of the Gościąg Lake Basin. *Radiocarbon*, **36**, 2: 187–202.
- PIECHOCKI A., WAWRZYŃIAK-WYDROWSKA B., 2016 – Guide to freshwater and marine Mollusca of Poland. Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań.
- PIOTROWSKA N., 2009 – Chronologia bezwzględna osadów jeziora Wigry na podstawie datowania radiowęglowego. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 181–198. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.

- ziro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 144–156. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- PIOTROWSKA N., HAJDAS I., 2005 – Kalendarzowa skala czasu dla osadów jeziornych Zatoki Słupiańskiej (jeziro Wigry) na podstawie datowania radiowęglowego. *Pr. Komis. Paleogeogr. Czwartorzędu*, **3**: 193–197.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M., 1989 – Environmental changes recorded in lakes and mires of Poland during the last 13 000 years. *Acta Palaeobot.*, **29**: 1–120.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M., STARKEL L., 1988 – Record of the hydrological changes during the Holocene in the lake, mire, and fluvial deposits of Poland. *Folia Quater.*, **57**: 91–127.
- RUTKOWSKI J., KRÓL K., 2005 – Wykształcenie litologiczne osadów z wiercenia WZS-03 w Zatoce Słupiańskiej (jeziro Wigry). *Pr. Komis. Paleogeogr. Czwartorzędu*, **3**: 187–191.
- RUTKOWSKI J., KRÓL K., SZCZEPAŃSKA J., 2007 – Lithology of the profundal sediments in Słupiańska Bay (Wigry Lake, NE Poland) – introduction to interdisciplinary study. *Geochronometria*, **27**: 47–52.
- RUTKOWSKI J., PROSOWICZ D., ALEKSANDER-KWATERCZAK U., KRZYSZTOFIAK L., 2009 – Osady jeziora Wigry. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 83–109. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- SOKOŁOWSKI A.W., 1988 – Fitosocjologiczna charakterystyka zbiorowisk roślinnych Wigierskiego Parku Narodowego. *Pr. Inst. Bad. Leśn.*, **673**: 1–80.
- STANISZEWSKA W., NAMIOTKO T., 2009 – Ostracoda w późnoglacialnych i holocennych osadach Zatoki Słupiańskiej jeziora Wigry. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 210–214. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- STARKEL L., PAZDUR A., PAZDUR M.F., WICIK B., WIĘCKOWSKI B., 1996 – Lake-level and groundwater-level changes in the Gościąż area, Poland: palaeoclimatic implications. *The Holocene*, **6**, 2: 213–224.
- STELFOX A.W., WELCH R.J., MCMILLAN N.F., MITCHELL G.F., 1980 – A history of the land and freshwater Mollusca of Ulster. *Proceedings of the Royal Irish Academy. Biological, Geological and Chemical Science*, **80B**: 125–152.
- SÜMEGI P., LÓCSKAI T., HUPUCZI J., 2011 – Late Quaternary palaeoenvironment and palaeoclimate of the Lake Fehér (Fehér-tó) sequence at Kardoskút (South Hungary), based on preliminary mollusc records. *Cent. Eur. J. Geosci.*, **3**, 1: 43–52.
- TOLPA S., JASNOWSKI M., PAŁCZYŃSKI A., 1967 – System der Genetischen Klassifizierung der Torfe Mitteleuropas. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, **76**: 9–99.
- WIKTORA A., 2004 – Ślimaki lądowe Polski. Wydaw. Mantis, Olsztyn.
- WITKOWSKI A., BĄK M., KIERZEK A., 2009 – Zmiany warunków środowiskowych w Holocenie w jeziorze Wigry w świetle analizy diatomologicznej osadów. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 215–226. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- WOJCIECHOWSKI A., 1999 – Late Glacial and Holocene Lake-level fluctuations in the Kórnik-Zaniemyśl Lakes Area, Great Poland Lowland. *Quatern. Studies in Poland*, **16**: 81–101.
- WOJCIECHOWSKI A., 2000 – Zmiany paleohydrologiczne w środkowej Wielkopolsce w ciągu ostatnich 12 000 lat w świetle badań osadów jeziornych rynny kórnicko-zaniemyńskiej. Wydaw. Nauk. UAM, Poznań.
- ZAWISZA E., SEROCZYŃSKA K., 2009 – Historia rozwoju jeziora Wigry na podstawie subfosylnych wioślarek. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 199–209. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.
- ŻUREK S., 2010 – Metody badań osadów bagiennych. *Landform Analysis*, **12**: 137–148.
- ŻUREK S., DRZYMULSKA D., 2007 – Limnogenous mires in the southern coasts of the Wigry Lake. *Limnol. Rev.*, **7**, 3: 177–182.
- ŻUREK S., DRZYMULSKA D., 2009 – Torfowiska obrzeżenia jeziora Wigry. *W: Jezioro Wigry. Historia jeziora w świetle badań geologicznych i paleoekologicznych* (red. J. Rutkowski, L. Krzysztofiak): 168–176. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda”, Suwałki.

SUMMARY

Wigry Lake is situated in the northeastern Poland. The lake is a large body of water with diversified coastline, numerous islets and bays (Fig. 1). Many coastal peat-bogs occur around the lake. One of those is situated in the area of the Słupiańska Bay in the southern part of the lake (Figs 1, 2). The sediments that form this peat-bog have been the subjects of malacological studies. The occurrences of detritus-calcareous and coarse-detritus gyttjas have been identified in drilling designated as 8A (Fig. 2). The gyttjas are 6.5 m thick and are covered by up to 1.5 m thick peat deposit (Fig. 3). A number of molluscan shells have been found within the detritus-calcareous gyttjas. 23 species of molluscs represented by more than 4,000 shells were identified in 22 samples (Tab. 1). The number of taxa identified in examined samples varied from 11 to 20, whereas the numbers of individuals ranged from 112 to 254 (Fig. 4; Tab. 1).

The molluscan material obtained from the drilling has been characterized as follows. Terrigenous species typi-

cal of very moist habitats have been rather sparse and they occurred primarily in the uppermost interval of the profile (Fig. 3). Aquatic taxa typical of ephemeral bodies of water have been much more frequent. These taxa have been found throughout the examined succession and in some parts of it they constituted the predominant component of the biocenosis. The most numerous have been the forms typical of the permanent bodies of stagnant water. These taxa constituted the principal component of the biocenosis in the majority of samples (Fig. 3). The analysis of malacofauna provided a basis for distinguishing three types of molluscan assemblage: (1) Assemblage with *Gyraulus laevis* that occurs within the lower part of the interval (samples 1–6; Figs 3, 4) consists of the cold-loving forms representing early Holocene, (2) Assemblage with *Gyraulus albus* that occurs in the middle part of the interval (samples 7–18, except sample 14; Figs 3, 4) consists of warm-loving species linked to the Atlantic Phase, and (3) Assemblage with terrigenous species, mainly

snails, occurs in the upper part of the interval (samples 5, 14 and 19–22; Figs 3, 4). These biocenoses inhabited an environment of rather small and shallow bodies of water with a muddy bottom and abundant vegetation.

The biotopes underwent evolution caused by changing climate. Initial lake-type bodies of water that developed after the recession of the continental ice sheet are characterized by the *Gyraulus laevis* assemblage. Development of the littoral zone of the lakes with high thermal requirements is evidenced by the presence of the *Gyraulus albus* assemblage in the middle interval of the profile (samples 7–18, except sample 14 on Figs 3, 4). Its abundant occurrence is typical of the Atlantic Phase. The fauna with terrestrial species was identified in samples 5 and 14 as well as in the uppermost interval of the profile (samples 19–22; Figs 3, 4). A characteristic feature of this malacoenose is the presence of terrestrial species occurring in boggy, relatively open-country biotopes, where they are accompanied by numerous shells of snails from temporary bodies of water. The aforementioned assemblage is typical of boggy zones developing on the lake coast.

The sequence of fauna assemblages observed in vertical profile reflects the changes occurring in the environment during the deposition of sediments. In the floor section, the

assemblage with *Gyraulus laevis* occurs. It indicates the presence of a permanent body of water and the rather cold climate typical of the early Holocene (Preboreal phase). In the higher part, there is an increase in the proportion of species typical of temporary bodies of water, as well as the predominance of the number of opercula over the shells of *Bithynia tentaculata* (Fig. 5). It is an index of the shallowing and lowering water level in the lake. This episode can be associated with the Boreal phase. In the sediments lying above, the assemblage with *Gyraulus albus* occurs. It is a characteristic of warm climate and the period of a high water level in the lake, probably occurring during the Atlantic phase. An episode of a lowered water table is marked in the middle section of the interval under discussion (Fig. 5). In the upper part of the profile, the shells of terrestrial species appear. They are indicative of the lowering of the water level in the lake, associated with the Subboreal phase (Fig. 5). The changed nature of sedimentation is associated with the older part of the phase. Here the coarse-detritus gyttjas emerge, devoid of the remains of molluscs, then covered by peats. At the same time, the beginning of the sedimentation of peats marks the youngest phase of the low water level in the lake covering the Subatlantic period.