

Status troficzny jezior humusowych Wigierskiego Parku Narodowego – czy jest niezmienny w czasie?

The trophic status of humic lakes in Wigry National Park – is it time-invariant?

DANUTA DRZYMULSKA

Zakład Botaniki, Instytut Biologii
Uniwersytet w Białymstoku
15–245 Białystok, ul. K. Ciołkowskiego 1J
e-mail: drzym@uwb.edu.pl

Słowa kluczowe: Wigierski Park Narodowy, jezioro humusowe, suchary, trofia.

Badania paleoekologiczne jezior humusowych (dystroficznych), wzbogacone analizami współczesnej roślinności i parametrów chemicznych wody jeziornej, prowadzono na terenie Wigierskiego Parku Narodowego. Stwierdzono niejednorodność tych tzw. sucharów wigierskich pod względem trofii. Obok typowych jezior humusowych rozpoznano jeziora eutroficzno-humusowe. Ponadto zbiorniki ewoluowały, przez co niekiedy nawet kilkakrotnie w toku ich rozwoju następowały wahania trofii. Jak wykazały dalsze badania, zmiany statusu troficznego mogły być na tyle silne, że jeziora, obecnie dysharmonijne, należały w przeszłości do ciągu harmonijnego jezior. Zanim więc nabrały cech typowych dla humotrofii, przeszły przez fazy mezotrofii i eutrofii, co stanowi całkowicie nowe spojrzenie na problematykę kształtowania się trofii w jeziorach humusowych.

Wstęp

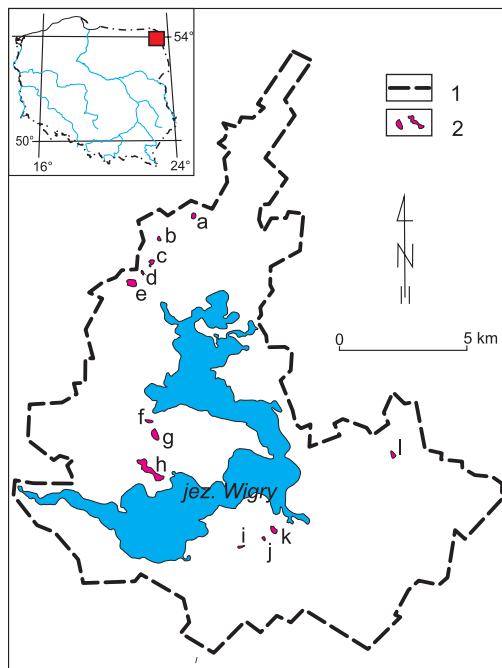
Jeziora o wodach brunatnych zostały wyróżnione jako osobna kategoria troficzna jezior w latach 20. XX wieku przez Naumanna (1917), który nazwał je zbiornikami dysharmonijnymi (dystroficznymi) i przeciwstawił drugiej kategorii zbiorników wodnych – jeziorom harmonijnym (ang. *clearwater lakes*), wpisanym w schemat rozwojowy: oligotrofia → mezotrofia → eutrofia. Następnie jeziora dystroficzne zostały określone mianem humusowych (Thienemann 1922, Naumann 1931). Typowe jeziora humusowe wykazują mniej specyficznych cech, takich jak: brązowe zabarwienie wody wynikające z dużej zawartości kwasów humusowych (ang. *brown water lakes*), pło torfowcowe w strefie

przybrzeżnej, zatorfiona, porośnięta drzewami iglastymi zlewnia, niskie pH wody, mała zawartość jonów wapnia w wodzie i osadach, czy też niska różnorodność biologiczna (Hessen, Tranvik 1998; Górniak i in. 1999; Gąbka, Owsiany 2006). Stan humotrofii w tych zbiornikach jest determinowany przez roślinność iglastą porastającą zatorfioną zlewnię. Zarówno lasy iglaste, jak i torfowiska (w szczególności torfowiska wysokie) stanowią bowiem źródło substancji humusowych, które docierając w znacznych ilościach do jeziora (De Haan 1992) powodują zakwaszenie jego wód (Kullberg i in. 1993). Poziom dystrofii jezior może być wyrażony za pomocą hydrochemicznego wskaźnika dystrofii (HDI), który dla jezior humusowych wynosi ponad 50 (Górniak 2006a).

Do niedawna jeziora humusowe traktowano jako zbiorniki stabilne pod względem trofii. Zakładano, że stan humotrofii pojawiał się w nich na wczesnym etapie funkcjonowania i nie ulegał dalszym zmianom (Więckowski 1978). Jeziora te są jednak uważane za ekosystemy wrażliwe na nieodwracalne zmiany środowiska wywoływane przez czynniki o charakterze klimatycznym, antropogenicznym czy hydrometeorologicznym (Curtis 1998). Niniejsza praca przybliży najnowsze ustalenia dotyczące kształtowania się statusu troficznego jezior humusowych w okresie od schyłku ostatniego zlodowacenia do dzisiaj. Badaniom poddano jedno z najbardziej znanych i przyrodniczo cennych obiektów tego typu w Polsce – suchary wigierskie*.

Suchary wigierskie

W młodogłacialnym krajobrazie Wigierskiego Parku Narodowego (WPN) Górniak (2006a) wyróżnił kilkanaście zbiorników o rozwoju dysharmonijnym, a zatem wykazujących cechy wymienione powyżej. Kryterium hydrochemiczne ustalone dla tych zbiorników (wskaźnik HDI waha się od przeszło 50 do ponad 120) wskazuje na wciąż aktywny proces dystrofizacji (Górniak 2006b). Jeziora tego typu występują głównie w strefie borealnej, w Polsce stanowią stosunkowo niewielki odsetek jezior, przy czym wiele z nich, szczególnie te o zaawansowanym procesie dystrofii, podlega ochronie (Wilk-Woźniak i in. 2012). Suchary wigierskie to niewielkie zbiorniki o powierzchni od 0,5 do 3 ha i głębokości maksymalnej wahającej się w granicach od 3 do 6 m. Roślinność przybrzeżną cechuje wyraźna strefowość. W typowym układzie, najbliżej lustra wody wyróżnić można zatem płó grzaskie utworzone m.in. przez przygielkę białą *Rhynchospora alba*, ba-



Ryc. 1. Lokalizacja badanych jezior humusowych: 1 – granica Wigierskiego Parku Narodowego, 2 – badane suchary: a – Wądołek, b – Suchar VI, c – Suchar IV, d – Suchar III, e – Suchar II, f – Suchar Zachodni, g – Suchar Dembowski, h – Suchar Wielki, i – Ślepe, j – Sucharek, k – Widne, l – Konopniak

Fig. 1. Location of the studied humic lakes: 1 – border of Wigry National Park, 2 – studied lakes (a–l – as listed above)

gnicę torfową *Scheuchzeria palustris*, turzycę bagienną *Carex limosa*, turzycę dzióbkową *Carex rostrata* i turzycę nitkowatą *Carex lasiocarpa* oraz mchy torfowce, jak torfowiec wąskolistny *Sphagnum angustifolium* i torfowiec odgięty *Sphagnum fallax*. Następnie występuje płó stabilne z wełnianką pochwowatą *Eriophorum vaginatum*, torfowcem magellańskim *Sphagnum magellanicum*, modrzewnicą zwyczajną *Andromeda polifolia*, żurawiną błotną *Vaccinium oxycoccus* i rosiczką okrągłolistną *Drosera rotundifolia*. Ostatnią strefę roślinności stanowi sosnowy bór bagienny rosnący na torfie, z sosną zwyczajną *Pinus sylvestris*, świerkiem pospolitym *Picea abies*, brzozą omszoną *Betula pubescens* oraz bagnem zwyczajnym *Ledum palustre*, borówką bagienną *Vaccinium*

* Suchar to śródlądne izolowane niewielkie jezioro polodowcowe. Kwaśna i uboga w sole mineralne woda ma zazwyczaj specyficzną brunatną barwę w wyniku spłukiwania dużych ilości substancji humusowych z otaczających lasów (przyp. red.).

uliginosum, żurawiną błotną, rakiemnikiem polipolitym *Pleurozium schreberi* i widłozębem kędzierzawym *Dicranum polysetum*.

Badaniami, prowadzonymi w latach 2008–2011, objęto dwanaście sucharów (ryc. 1), reprezentujących trzy główne obszary występowania jezior humusowych na terenie WPN: na północny wschód, na zachód i na południe od jeziora Wigry. Wykazano, że zbiorniki te funkcjonują bądź od późnego glaciału, bądź od okresu preborealnego holocenu. Ich powstanie wiązało się z procesem wytopiania brył martwego lodu na skutek ocieplenia klimatu zapoczątkowanego w okresie schyłkowym ostatniego zlodowacenia. Wyniki prac dotyczących powstania i funkcjonowania sucharów w przeszłości oraz ich współczesnego charakteru zawarto w pracach Drzymulskiej i Zielińskiego (2013, 2014), Drzymulskiej i innych (2013, 2014, 2015) oraz Pawlikowskiego i innych (2014). Zastosowano w nich analizy paleoekologiczne torfu i gytii (palinologiczną, makroszczałków roślinnych, wioślarkową, geochemiczną) oraz analizę chemiczną wody i roślinności współczesnej sucharów. Wybrane próby osadów datowano metodą radiowęglową (^{14}C). Z pewnością jednym z najbardziej interesujących spośród badanych zagadnień był problem kształtowania się trofii zbiorników humusowych.

Stan troficzny jezior humusowych w przeszłości i obecnie

Pierwsze podejrzenia co do tego, że suchary wigierskie nie były ekosystemami jednolitymi pod względem trofii pojawiły w wyniku badań paleobotanicznych prowadzonych w strefach przybrzeżnych dwunastu sucharów. Ich celem była rekonstrukcja zbiorowisk roślinnych występujących w przeszłości. Ustalono, że istnieją przynajmniej trzy schematy rozwoju roślinności subfosalnej.

I. Sukcesja zmierzała w kierunku mszaru wysokotorfowiskowego. Zbiorowiskiem wyjściowym było mechowisko, jak w Sucharze Wielkim (Drzymulska, Zieliński 2014), mszar przejściowy, jak w Sucharze III

(Drzymulska i in. 2013), bądź zbiorowiska zaroślowe, jak w Sucharze IV i Wądołku (Drzymulska, Zieliński 2013).

II. Sukcesja zbiorowisk subfosalnych występujących na torfowiskach przybrzeżnych przebiegała od zbiorowisk niskotorfowiskowych do tych, związanych z torfowiskami niskimi/przejściowymi. Przy czym, w przypadku Suchara VI średnio żyzne mechowisko zostało zastąpione mszarem przejściowym (Drzymulska i in. 2013). Natomiast w Sucharku sukcesja prowadziła od szuwaru trzcinowego w kierunku średnio ubogiego torfowiska niskiego z torfowcami i zaroślami liściastymi (Drzymulska, Zieliński 2013).

III. Do trzeciej kategorii jezior humusowych WPN zaliczono tylko jeden zbiornik – jezioro Widne, w którym śledząc rozwój torfowiska przybrzeżnego odnotowano funkcjonowanie zbiorowisk typowych wyłącznie dla torfowisk niskich, jak zbiorowiska turzycowo-sfagnowe i szuwar trzcinowy (Drzymulska i in. 2013).

Zatem obok typowych jezior humusowych (dystroficznych), czyli zbiorników otoczonych kwaśnym wysokotorfowiskowym płem, całkowicie pozbawionych elementów związanych z torfowiskami niskimi (w szczególności szuwarów), istnieje grupa zbiorników odbiegających od tego utartego wizerunku. Potwierdziły to badania nad istnieniem ewentualnej ciągłości między subfosalnymi zbiorowiskami roślinnymi a roślinnością współczesną występującą w strefach przybrzeżnych jezior (Drzymulska i in. 2013). Kontynuację taką stwierdzono w każdym z trzech badanych pod tym względem zbiorników. Suchar III, reprezentujący najliczniejszą grupę jezior, tzn. te które w przeszłości wykazywały sukcesję w kierunku mszaru wysokotorfowiskowego, także współcześnie jest typowym jeziorem humusowym. Suchar VI reprezentuje zbiorniki zarówno uprzednio, jak i współcześnie otoczone zbiorowiskami typowymi dla średnio żyznych torfowisk niskich i przejściowych. Natomiast jezioro Widne było w przeszłości otoczone zbiorowiskami związa-

nymi z żyznymi torfowiskami niskimi, w tym szuwarem trzcinowym. Obecnie również nie jest to typowy suchar, a w jego przybrzeżu dominuje torfowiec obły *Sphagnum teres*, inaczej niż w typowym jeziorze humusowym – torfowiec magellański i torfowiec odgięty. Jezioro Widne jest odmienne także pod względem wartości parametrów chemicznych wody, która w tym zbiorniku jest mniej kwaśna, zawiera więcej jonów wapnia i mniej materii organicznej niż woda Suchara III. Suchar VI zajmuje pod tym względem pozycję pośrednią.

Dalsze badania paleoekologiczne osadów pobranych z przybrzeży sucharów wigierskich pozwoliły na nazwanie kilku zbiorników humusowych, których nie można zaliczyć do typowych jezior dystroficznych, jeziorami eutroficzno-humusowymi (Drzymulska, Zieliński 2013). Przy czym pokazano kształtowanie się trofii w czasie w kilku zbiornikach. I tak, Suchar IV (ryc. 2), zarówno w przeszłości, jak i obec-

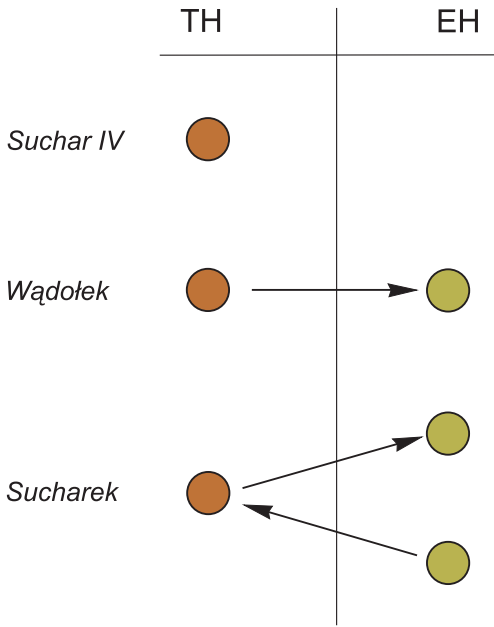
nie, wykazuje cechy typowego jeziora humusowego. Wądołek, uprzednio będący typowym jeziorem humusowym, współcześnie należy raczej do zbiorników eutroficzno-humusowych. Natomiast Sucharek zmieniał status troficzny kilkakrotnie, by obecnie, wraz z Wądołkiem, należeć do jezior humusowych z oznakami eutrofizacji. Zatem, po początkowej dla wszystkich jezior (zarówno harmonijnych, jak i dysharmonijnych) fazie oligotrofii (OL), możliwe jest przejście zarówno od typowego jeziora humusowego (TH) do eutroficzno-humusowego (EH), jak i odwrotnie (ryc. 3). Można to także zobrazować za pomocą następującego zapisu: OL → TH ↔ EH.

Brak jednolitego modelu rozwoju zbiorników dystroficznych wynika przede wszystkim ze złożoności układu jezioro-zlewnia, a szczególnie rolę odgrywają: rozmiar zlewni, wielkość współczynnika powierzchnia zlewni/powierzchnia jeziora, indeks rozwinięcia linii



Ryc. 2. Jezioro Suchar IV (15.05.2010 r.; fot. D. Drzymulska)

Fig. 2. Lake Suchar IV (15 May, 2010; photo by D. Drzymulska)



Ryc. 3. Kształtowanie się humotrofii w trzech jeziorach humusowych Wigierskiego Parku Narodowego: TH – jezioro typowo humusowe, EH – jezioro eutroficzno-humusowe

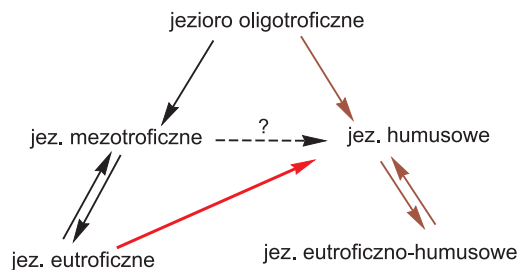
Fig. 3. Evolution of humotrophic status in three humic lakes of Wigry National Park: TH – typical humic, EH – eutrophic-humic

brzegowej, nachylenie stoków zlewni, czy też sposób jej użytkowania (Drzymulska, Zieliński 2013; Drzymulska i in. 2013). Okazuje się, że te z sucharów, które charakteryzuje sukcesja roślinności przybrzeżnej zmierzająca w kierunku mszaru wysokotorfowiskowego, jak stwierdzono np. w Sucharze III i IV, mają najwyższą wartość współczynnika powierzchnia zlewni/powierzchnia jeziora (odpowiednio: 72,72 i 72,31) (Drzymulska, Zieliński 2013; Drzymulska i in. 2013). Można przy tym przypuszczać, że tak jak obecnie, w przeszłości zlewnie tych jezior miały charakter leśny i były pokryte w głównej mierze lasami iglastymi, co sprzyjało znacznym dostawom substancji humusowych ze zlewni do zbiornika, wpływając także na formowanie się mszaru wysokotorfowiskowego w jego przybrzeżu. Informacji o wpływie zlewni na jezioro dostarcza wartość indeksu rozwinięcia linii brzegowej. Im wyższa wartość tego

parametru tym większe zróżnicowanie linii, przez co powiązanie między jeziorem i otaczającym je łądem jest silniejsze (Moses i in. 2011). Takie relacje odnotowano choćby w Sucharze IV i Sucharze Wielkim, gdzie współczynnik rozwinięcia linii brzegowej jest wysoki i osiąga wartości odpowiednio 1,59 i 1,78 (Drzymulska, Zieliński 2013, 2014).

Przypieczętowaniem rozważań nad kształtowaniem się trofii w jeziorach humusowych były wyniki badań paleoekologicznych prowadzonych w Sucharze II (Drzymulska i in. 2015). Wykazano, że w rozwoju jeziora dystroficznego mogły istnieć nie tylko pewne etapy zwiększonej żyzności, lecz także stadia troficzne zupełnie wykraczające poza dysharmonijny ciąg rozwoju jezior. Zatem obecne jezioro humusowe mogło być w przeszłości jeziorem harmonijnym. Właśnie taką sytuację rozpoznano w Sucharze II, który po początkowym etapie oligotrofii (w późnym glacie) był jeziorem mezotroficznym (w okresie preborealnym i borealnym), następnie eutroficznym (w okresie atlantyckim), aby ostatecznie w okresie subborealnym osiągnąć stan humotrofii, który trwa do dzisiaj. Status troficzny tego jeziora ulegał więc zmianom bardzo znaczącym.

Na podstawie otrzymanych wyników stworzono schemat prezentujący kierunki potencjalnych zmian trofii w jeziorach humusowych (ryc. 4). Uzyskane dane odkrywają nieznaną dotychczas oblicze jezior dystroficznych, prezentując je jako zbiorniki niejednolite i zmien-



Ryc. 4. Możliwe kierunki zmian trofii w jeziorach (wg Drzymulskiej i in. 2015)

Fig. 4. Possible directions of trophic changes in lakes (acc. to Drzymulska et al. 2015)

ne w czasie. Główną rolę w kształtowaniu się stanu humotrofii przypisuje się cechom zlewni, a w szczególności porastającym ją lasom iglastym i torfowiskom, które są źródłem obfitych dostaw substancji humusowych do wód zbiornika.

Oczekiwania co do przyszłości jezior humusowych nie są jednoznaczne (Drzymulska i in. 2015). Z jednej strony, w wyniku spodziewanego ocieplania się klimatu, należy oczekiwać, że mogą się one przekształcać w jeziora eutroficzno-humusowe lub nawet harmonijne (Porcal i in. 2009). Z drugiej, notowana obecnie zwiększona dostawa materii organicznej do wód powierzchniowych (Evans i in. 2012) tworzy warunki korzystne do podtrzymania procesów dystrofii. Takie prognozy odnoszą się też z pewnością do

sucharów wigierskich. Jednakże, zbiorniki te położone są na obszarze ściśle chronionym, a także znajdują się na liście obiektów o międzynarodowej randze ekologicznej – w Unii Europejskiej są chronione i zarejestrowane w Załączniku I Dyrektywy Siedliskowej jako „Naturalne jeziora i stawy dystroficzne” (siedlisko przyrodnicze 3160) (Anonim 2013). Z tej przyczyny mają szansę uniknięcia przynajmniej niekorzystnych wpływów antropogenicznych.

W pracy wykorzystano wyniki badań prowadzonych w ramach realizacji projektu badawczego MNiSW nr N N305 085135 „Historia jezior dystroficznych (sucharów) Wigierskiego Parku Narodowego w świetle holocenijskiej sukcesji ich roślinności”.

PIŚMIENNICTWO

- Anonim 2013. Interpretation Manual of European Union Habitats – EUR 28. European Commission DG Environment.
- Curtis P.J. 1998. Climatic and hydrologic control of DOM concentration and quality in lakes. W: Hessen D.O., Tranvik L.J. (red.). Aquatic humic substances. Ecology and Biogeochemistry. Ecological Studies 133: 93–105.
- De Haan H. 1992. Impacts of environmental changes on the biogeochemistry of aquatic humic substances. *Hydrobiologia* 229: 59–71.
- Drzymulska D., Fiłoc M., Kupryjanowicz M. 2014. Reconstruction of landscape paleohydrology using the sediment archives of three dystrophic lakes in northeastern Poland. *Journal of Paleolimnology* 51 (1): 45–62.
- Drzymulska D., Fiłoc M., Kupryjanowicz M., Szeroczyńska K., Zieliński P. 2015. Multi-proxy studies of shifts in lake trophic status since last glaciation; an example of humic lake from northeastern Poland. *The Holocene* 25 (3): 495–507.
- Drzymulska D., Kłosowski S., Pawlikowski P., Zieliński P., Jabłońska E. 2013. The historical development of vegetation of foreshore mires beside humic lakes; different successional pathways under various environmental conditions. *Hydrobiologia* 703 (1): 15–31.
- Drzymulska D., Zieliński P. 2013. Developmental changes in the historical and present-day trophic status of brown water lakes. Are humic water bodies a uniform aquatic ecosystem? *Wetlands* 33 (5): 909–919.
- Drzymulska D., Zieliński P. 2014. Phases and interruptions in postglacial development of humic lake margin (Lake Suchar Wielki, NE Poland). *Limnological Review* 14 (1): 11–18.
- Evans C.D., Jones T.G., Burden A., Ostle N., Zieliński P., Cooper M.D.A., Peacock M., Clark J.M., Oulehle E., Cooper D., Freeman C 2012. Acidity controls on dissolved organic carbon mobility in organic soils. *Global Change Biology* 18 (11): 3317–3331.
- Gąbka M., Owsiany P. 2006. Shallow humic lakes of the Wielkopolska region – relation between dystrophy and eutrophy in lake ecosystems. *Limnological Review* 6: 95–102.
- Górniak A. 2006a. Typologia i aktualna trofia jezior WPN. W: Górniak A. (red.). Jeziora Wigierskiego Parku Narodowego. Aktualna jakość i trofia wód. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok: 128–140.
- Górniak A. 2006b. Jeziora dystroficzne. W: Górniak A. (red.). Jeziora Wigierskiego Parku Narodowego. Aktualna jakość i trofia wód. Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku, Białystok: 90–105.
- Górniak A., Jekatierynczuk-Rudczyk E., Dobrzyń P. 1999. Hydrochemistry of three dystrophic lakes in Northeastern Poland. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica* 27: 12–18.

- Hessen D.O., Tranvik L.J. (red.). 1998. Aquatic humic substances. Ecology and biogeochemistry. Ecological Studies 133.
- Kullberg A., Bishop K.H., Hargeby A., Jonson M., Petersen R.C. 1993. The ecological significance at dissolved organic carbon in acidified water. *Ambio* 22: 331–337.
- Moses S., Janaki L., Joseph S., Justus J., Ramakrishnan Vimala S. 2011. Influence of lake morphology on water quality. *Environmental Monitoring & Assessment* 182: 443–454.
- Naumann E. 1917. Undersökning öfver phytoplankton och under den pelagiske regionen försiggående gytta och dy-bildning inom vissa sydoch mellansvenska urbergsvatten. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar 56, Stockholm.
- Naumann E. 1931. Limnologische Terminologie. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Sect. IX, Part. 8. Urban und Schwarzenberg, Berlin.
- Pawlikowski P., Rutkowska E., Kłosowski S., Jabłońska E., Drzymulska D. 2014. Development of bog-like vegetation during terrestrialization of polyhumic lakes in north-eastern Poland is not accompanied by ecosystem ombrotrophication. *Hydrobiologia* 737 (1): 87–95.
- Porcal P., Koprivnjak J.-F., Molot L.A. Dillon P.J. 2009. Humic substances – part 7: the biogeochemistry of dissolved organic carbon and its interactions with climate change. *Environmental Science and Pollution Research* 16 (6): 714–726.
- Thienemann A. 1922. Biologische Seetypen und die Gründung einer hydrobiologischen Anstalt am Bodensee. *Archiv für Hydrobiologie* 13: 347–370.
- Więckowski K. 1978. Bottom deposits in lakes of different regions of Poland. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 25: 483–489.
- Wilk-Woźniak E., Gąbka M., Dunalska J., Pęczuła W., Grabowska M., Karpowicz M., Owsiany P., Ozimek T., Piotrowicz R., Paczuska B., Walusiak E., Joniak T. 2012. Naturalne, dystroficzne zbiorniki wodne. W: Mróz W. (red.). *Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny. Część II. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska*, Warszawa:150–169.

SUMMARY

Chrońmy Przyrodę Ojczystą 71 (3): 192–198, 2015

Drzymulska D. The trophic status of humic lakes in Wigry National Park – is it time-invariant?

Humic (dystrophic) lakes are characterised by some specific features including a high amount of humic substances, brown water colour, low pH, a peat-covered catchment area overgrown with coniferous forests, peat mosses in the vicinity of water bodies, spreading floating mats on the water surfaces, low calcium content in the water and sediments, and the presence of dy sediment. Humic lakes of Wigry National Park (so called *suchary*) (Fig. 1) are small water bodies surrounded by forest (Fig. 2). They were investigated by palaeoecological analyses of sediments (pollen, macrofossil remains, Cladocera, geochemistry, radiocarbon dating) supported by the study of contemporary vegetation and chemical parameters of lake water. These investigations allowed the determination of the past and present trophic status of the lakes. *Suchary* seemed to be not uniform ecosystems. Typical humic and eutrophic-humic lakes were described as the first one. It is interesting that the transition from a typical humic status to a eutrophic-humic status appears to be possible, as does the reverse (Fig. 3). Further studies showed that a trophic status of a humic lake could be quite different in the past, so a contemporarily humic lake was mesotrophic and even eutrophic before it reached a humotrophic status. Possible directions in the evolution of lake trophic status were presented in Fig. 4.