

Historyczne dane o kryptofitach (Cryptophyceae) z Polski i jak je interpretować w świetle najnowszych badań

MAGDALENA ŁUKASZEK

ŁUKASZEK, M. 2017. Historical data on cryptophytes (Cryptophyceae) from Poland and how to interpret them in the light of current knowledge. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 24(2): 329–338. Kraków. e-ISSN 2449-8890, ISSN 1640-629X.

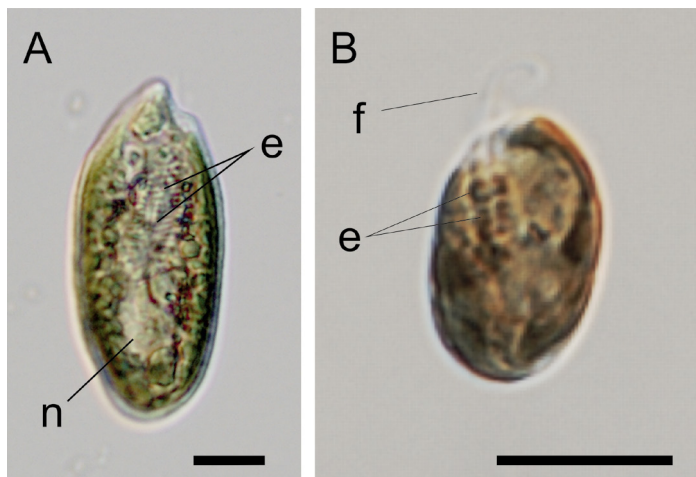
ABSTRACT. Cryptophytes comprise a group organisms that can be easily distinguished but not easily studied. An overview of studies on cryptophytes in Poland is presented, from the first records of cryptophytes in Poland to recent research, including the contributions of some prominent Polish phycologists such as S. Wisłouch, J. Czosnowski and K. Starmach. Most of the data on cryptophyte occurrence comes from works of general phytoplankton research and from hydrobiological studies. In these studies the species are identified mostly by light microscopy, based on cell morphology. The current state of knowledge of cryptophyte taxonomy is discussed, together with methods that should be used when identifying cryptophytes.

KEY WORDS: cryptophytes, Poland, research methods, taxonomy

M. Łukaszek, Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk, ul. Lubicz 46, 31-512 Kraków, Polska; e-mail: m.lukaszek@botany.pl

WSTĘP

Jedną z pierwszych wzmianek o glonach w polskiej literaturze naukowej jest wspomniana przez Jana Stanko (1472, za SIEMIŃSKA 1990) „stella cadens”, czyli sinica należąca do rodzaju *Nostoc*. Od tego czasu badania nad glonami zostały zintensyfikowane w miarę rozwoju nowych metod badawczych, a od XIX w. coraz bardziej skupione na ich poszczególnych grupach, przez badaczy takich jak Józef Rostafiński i Edward Janczewski oraz ich uczniów. Jednak do tej pory nie było w Polsce badań, które skupiałyby się wyłącznie na jednych z najbardziej skomplikowanych organizmów zaliczanych do glonów jakimi są kryptofity (DOUGLAS i in. 2001). Do końca XX w. powstało około 5400 publikacji w dziedzinie fykologii, dotyczących glonów z terytorium Polski, spośród których tylko około 130 zawierało wzmianki o kryptofitach (SIEMIŃSKA 1990; SIEMIŃSKA & PAJĄK 1992; SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 2012). To bardzo niewielka liczba doniesień, biorąc pod uwagę powszechne występowanie glonów w różnych typach zbiorników wodnych. Istnieje jednak po temu kilka uzasadnionych powodów, które wraz z publikacjami dotyczącymi występowania kryptofitów w Polsce zostaną omówione w niniejszym opracowaniu.



Ryc. 1. A, B – Komórki kryptofitów z widocznymi cechami pozwalającymi na identyfikację organizmu: n – jądro komórkowe, e – rzędy trychocyst wyścielające zagłębienie komórkowe, f – wici. Skala = 10 µm

Fig. 1. A, B – Cells of cryptophytes with visible features allowing identification of the organism: n – nucleus, e – rows of ejectisomes in cell invagination, f – flagella. Scale bars = 10 µm

Większość badaczy zajmujących się badaniami planktonu z łatwością rozpoznaje kryptofity dzięki ich asymetrycznemu kształtowi komórki oraz specyficznym „kołyszącym” sposobie poruszania się. Zwykle dobrze widoczne jest także wentralne wgłębienie w komórce (gardziel, bruzda lub kombinacja obydwu), które wyścielone jest trychocystami – małymi wstęgowatymi organellami, które mogą być wystrzeliwane, kiedy komórka jest podrażniona chemicznie lub mechanicznie (MORRALL & GREENWOOD 1980). Wszystkie te cechy mogą być zaobserwowane przy pomocy mikroskopu świetlnego i pozwalają na identyfikację organizmu jako kryptofita (Ryc. 1).

Organizmy te występują niemal na całym świecie i są znajdowane w różnego typu zbiornikach wodnych: od mórz i oceanów, przez słonawe zbiorniki, po słodkowodne jeziora, stawy, a nawet połacie śniegu (np. JAVORNICKÝ & HINDÁK 1970; BORICS i in. 2003; KUGRENS & CLAY 2003; LEPISTÖ & HOLOPAINEN 2003; LANE & ARCHIBALD 2008).

Różnorodność i ekologia tej grupy glonów jest jednak słabo poznana w Polsce i na świecie, ponieważ wraz z postępem technicznym i rozwojem wielu metod, w tym mikroskopii świetlnej i elektronowej (transmisyjnej i skanigowej) oraz badań molekularnych, udowodniono, że użycie tylko jednej z tych metod do identyfikacji taksonomicznej kryptofitów jest niewystarczające (HOEF-EMDEN & MELKONIAN 2003; HOEF-EMDEN 2007).

DANE O KRYPTOFITACH Z POLSKI

Pierwszym polskim badaczem podającym występowanie kryptofitów był Marian Koczwara, który zidentyfikował komórki *Cryptomonas erosa* Ehrenberg w próbach pobranych w terenie ze stawów dobrostańskich (obecnie tereny Ukrainy) (KOCZWARA 1915). Nieco później, *Cryptomonas* sp. był odnotowany przez Bennina, który sporządził listę taksonów glonów

z rzeki Warty, w pobliżu Gorzowa Wielkopolskiego (BENNIN 1922), jednak autor nie zamieścił żadnych opisów, ani rycin. W późniejszych latach notowania kryptofitów były dość liczne, jednak niewielu badaczy podawało wyczerpujące opisy gatunków, a jeszcze mniej zamieszczało mikrofotografie lub ryciny, ilustrujące obserwowane taksony (np. CZOSNOWSKI 1948a, b; BUCKA i in. 1968, 1989; BOHR 1971; BURCHARDT 1976, 1977; KOTLIŃSKA 1976; STEFKO 1976; MATUŁA 1980; OLEKSOWICZ 1986). Ryciny były wykonywane z różnym stopniem dokładności – od prostych liniowych rysunków (STEFKO 1976), rycin z nielicznymi detalami (OLEKSOWICZ 1986), do całkiem szczegółowych rysunków obserwowanych komórek (BOHR 1971; BURCHARDT 1977).

Jednym z pierwszych naukowców, który wniósł nowe informacje na temat kryptofitów był Stanisław Wisłouch, który został zaproszony na wyprawę naukową zorganizowaną przez pracowników Zakładu Hydrometrii Rosyjskiego Ministerstwa w 1917 r. Jego badania skupiały się na poznaniu biologii mikroorganizmów żyjących w słonawych wodach na Krymie oraz poznaniu ich funkcji w tworzeniu błot leczniczych. Zaplanowane długoterminowe badania z udziałem wielu naukowców z różnych dziedzin, zostały przerwane w październiku 1918 r. z powodu Rewolucji Październikowej w Rosji. Chociaż wyniki badań Wisłoucha miały charakter wstępny, pozwoliły na obserwację kilku interesujących gatunków, włącznie z dwoma nowymi dla nauki gatunkami kryptofitów: *Cryptomonas stigmatica* i *C. salina* (WISŁOUCH 1924), które obecnie są odpowiednio bazonimami dla *Rhodomonas stigmatica* (Wisłouch) D. R. A. Hill & Wetherbee i *R. salina* (Wisłouch) D. R. A. Hill & Wetherbee (HILL & WETHERBEE 1989). Wisłouch opisał nowe gatunki na podstawie szczegółowych obserwacji z użyciem mikroskopii świetlnej oraz załączył informacje o zachowaniu komórek opisanych kryptofitów po potraktowaniu ich odczynnikami, takimi jak tetratlenek osmu, Sudan III czy jodyna. Mimo że opisy powyższych gatunków zostały zmienione w późniejszym czasie przez innych badaczy, jego praca jest szczególnie warta uwagi, ze względu na wysiłek, jaki został włożony w identyfikację obserwowanych organizmów oraz lata, w których pracował i ograniczony dostęp do wyposażenia badawczego.

Jerzy Czosnowski był kolejnym naukowcem, który wyróżnił się na tle polskich fykologów, opisujących kryptofity w swoich opracowaniach. Swoją karierę naukową zaczął wcześniej, w trudnych wojennych warunkach, skupiając się na mikroskopijnych glonach wiciowych. Zainteresowania botaniczne rozwijał w latach 1940–1944, pod kierunkiem znanych naukowców, jak Władysław Szafer, Jadwiga Wołoszyńska czy Karol Starmach, prowadząc badania w domowym laboratorium, Zakładzie Ichtiologii i Rybactwa oraz w Muzeum Tatrzańskim (CZOSNOWSKI 2004). Materiały do badań zbierał głównie w okolicach Krakowa i Zakopanego. Po drugiej wojnie światowej obronił pracę magisterską zatytułowaną „Materiały do flory wiciowców Polski” (CZOSNOWSKI 1948a), która została wyróżniona przez Polskie Towarzystwo Botaniczne. W swojej pracy Czosnowski opisał dziewięć nowych gatunków kryptofitów w oparciu o morfologię: *Cryptochrysis carinata*, *Chroomonas minima*, *Cryptella angustata*, *Cryptomonas szaferi*, *C. wołoszynskae*, *C. splendida*, *C. obovata*, *C. tatrlica* i *Chilomonas minor*. Spośród nich tylko *C. tatrlica* został zsynonimizowany z *C. commutata* (Pascher) Hoef-Emden w najnowszej rewizji taksonomicznej rodzaju *Cryptomonas*. Pozostałe taksony nie zostały zrewidowane do tej pory przy pomocy metod molekularnych. Należy zwrócić uwagę, że *C. obovata*, opisany przez Czosnowskiego

jako nowy gatunek, został nazwany w sposób nieuprawniony (*nomen illegitimum*), ponieważ Skuja opisał już taki gatunek w 1848 r. Z kolei *Chilomonas minor* Czosnowski, został w późniejszym czasie zsynonimizowany z *Chilomonas oblonga* fo. *minor* (Czosnowski) Javornicky. Obecnie rodzaj *Chilomonas* został włączony do rodzaju *Cryptomonas*, jednak ten gatunek nie został uwzględniony w rewizji (HOEF-EMDEN & MELKONIAN 2003; HOEF-EMDEN 2007). Czosnowski przygotował także klucz do identyfikacji najczęściej spotykanych wiciowców, w tym kryptofitów (CZOSNOWSKI 1948b).

Istotnym opracowaniem, używanym przez badaczy w Polsce i nie tylko, był klucz do oznaczania kryptofitów (STARMACH 1974). Mimo tytułu „Flora Słodkowodna Polski”, które sugeruje krytyczne opracowanie występowania kryptofitów w Polsce, nie jest to „flora”, ale klucz taksonomiczny przygotowany dla naukowców zajmujących się planktonem, który umożliwił identyfikację organizmów. Zamieszanie z tytułem było spowodowane przez ówczesne władze Polski, które kontrolowały powstające wydawnictwa i zezwoliły tylko na florystyczną kontynuację istniejącej już serii „Fauna Słodkowodna Polski”. W kluczu tym Starmach oparł się na taksonomii kryptofitów opracowanej przez BOURRELLY’EGO (1970), który wyróżnił dwa rzędy w grupie *Cryptophyceae*: *Cryptomonadales*, obejmujący formy wiciowe oraz *Tetragoniadales* z formami nieruchliwymi. Już wtedy Starmach zaznaczył jednak, że taksonomia tej grupy oraz jej przynależność do wyższych jednostek taksonomicznych jest daleka od rozwiązania i powinna być przedmiotem dalszych badań.

Z 209 taksonów, obecnie opisanych w grupie *Cryptophyceae* (GUIRY & GUIRY 2017), STARMACH (1974) zamieścił opisy 91 taksonów kryptofitów oraz kilka innych taksonów, które obecnie zaliczane są do innych grup, np. *Kathablepharidaceae*, *Glaucophyceae*, a nawet innych królestw (*Protozoa*). Autor zebrał dostępne dane o kryptofitach, zapewniając obszerne taksonomiczne narzędzie dla wielu naukowców, nie tylko z Polski, ale i ze świata. Niestety w świetle obecnej wiedzy na temat kryptofitów, klucz ten nie może być już używany do oznaczania, ponieważ opiera się głównie na koncepcji gatunkowej bazującej na morfologii komórki, co jest niewystarczające do określania przynależności taksonomicznej u kryptofitów (HOEF-EMDEN & MELKONIAN 2003; HOEF-EMDEN 2007).

Innymi kluczami zawierającymi opisy kryptofitów, były klucze przygotowane w serii wydawniczej „Flora Zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy)”, które służyły do identyfikacji glonów występujących na danym terenie (PLIŃSKI 1978; PLIŃSKI & WOŁOWSKI 2012).

Wszystkie informacje o występowaniu kryptofitów na terenie Polski (do 1990 r.) zostały zebrane i opracowane przez J. Siemińską i współpracowników w Zakładzie Fykologii Instytutu Botaniki PAN (SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 2003) na podstawie danych bibliograficznych (SIEMIŃSKA 1990; SIEMIŃSKA & PAJĄK 1992). Opracowanie to zawiera informacje o 53 nazwach taksonów kryptofitów, które pojawiły się w 131 publikacjach. Mimo że te dane nie mogą być już używane jako ważne taksonomicznie, są jednak źródłem innych informacji, np. o występowaniu kryptofitów jako grupy i typach środowiska, w których były znajdowane w różnych częściach Polski. Analiza literatury zawartej we wspomnianych bibliografiach oraz w bibliografii za lata 1991–2000 (SIEMIŃSKA & WOŁOWSKI 2012) wykazała, że większość danych o kryptofitach pochodzi z opracowań dotyczących ogólnych badań planktonu i badań hydrobiologicznych. W prawie wszystkich pracach identyfikacja

Tabela 1. Podsumowanie rodzajów w grupie kryptofitów wraz z ogólnymi informacjami charakteryzującymi poszczególne kłady oraz subiektywnym wyborem najważniejszych publikacji, które dotyczą tematu**Table 1.** A summary of cryptophyte's genera with general information characterizing the individual clades together with a choice of an important or most recent literature

Kład (Clade)	Uwagi (Notes)	Kluczowa literatura, najnowsze dane (Important literature, most recent data)
<i>Cryptomonas</i>	Słodkowodne, zaobserwowano dymorficzne kultury, dodatkowy barwnik to fikoerytryna lub bezbarwne (Freshwater, dimorphic strains observed, phycoerythrin as additional pigment or colorless)	HOEF-EMDEN & MELKONIAN 2003; HOEF-EMDEN 2007 – dwie rewizje rodzaju (two revisions of the genus)
<i>Chroomonas Komma Hemiselmis</i>	Słodkowodne lub morskie; dodatkowy barwnik to fikoerytryna lub fikocyjanina; dymorfizm nie był obserwowany; rodzaj <i>Chroomonas</i> nie jest monofiletyczny; rodzaj <i>Hemiselmis</i> został poddany rewizji (Freshwater and marine, phycoerythrin or phycocyanin as additional pigments, dimorphism not observed; <i>Chroomonas</i> is non-monophyletic; <i>Hemiselmis</i> was revised)	HILL 1991; LANE & ARCHIBALD 2008 – rewizja rodzaju <i>Hemiselmis</i> (revision of the genus <i>Hemiselmis</i>); HOEF-EMDEN 2014 – najnowsza filogeneza kładu (the most recent phylogeny of the clade)
<i>Rhodomonas Rhinomonas Storeatula</i>	Słodkowodne lub morskie; dodatkowy barwnik to fikoerytryna; dymorfizm nie był obserwowany, jednak kład zawiera rodzaje z płytkowaną (<i>Rhodomonas</i> , <i>Rhinomonas</i>) i gładką (<i>Storeatula</i>) wewnętrzną warstwą peryplastu – niebezpośredni dowód na dymorfizm (Freshwater and marine, phycoerythrin as additional pigment; dimorphism not observed; clade consists of genera with plated (<i>Rhodomonas</i> , <i>Rhinomonas</i>) and sheet-like (<i>Storeatula</i>) internal periplast component – indirect evidence for dimorphism)	MAJANEVA i in. (<i>et al.</i>) 2014 – najnowsza filogeneza kładu (the most recent phylogeny of the clade)
<i>Guillardia Hanusia</i>	Morskie; dodatkowy barwnik to fikocyjanina; dymorfizm nie był obserwowany; <i>Guillardia theta</i> jest uważana za modelowego kryptofita (Marine; phycoerythrin as additional pigment, dimorphism not observed; <i>Guillardia theta</i> is considered a model cryptophyte)	CURTIS i in. (<i>et al.</i>) 2012 – zsekwenconowany genom jądrowy (nuclear genome); DOUGLAS & PENNY 1999 – plastydowy (plastid genome); DOUGLAS i in. (<i>et al.</i>) 2001 – i z nukleomorfa modelowego kryptofita <i>Guillardia theta</i> (and nucleomorph genome of <i>Guillardia theta</i> have been sequenced)
<i>Geminigera Plagioselmis Teleaulax</i>	Słodkowodne lub morskie; dodatkowy barwnik to fikoerytryna; dymorfizm nie był obserwowany, jednak kład zawiera rodzaje z płytkowaną (<i>Plagioselmis</i>) i gładką (<i>Geminigera</i> , <i>Teleaulax</i>) wewnętrzną warstwą peryplastu – niebezpośredni dowód na dymorfizm (Freshwater and marine; phycoerythrin as additional pigment, dimorphism not observed; clade consists of genera with plated (<i>Plagioselmis</i>) and sheet-like (<i>Geminigera</i> , <i>Teleaulax</i>) inner periplast component – indirect evidence for dimorphism)	LAZA-MARTÍNEZ i in. (<i>et al.</i>) 2012; KIM i in. (<i>et al.</i>) 2015
<i>Proteomonas sulcata</i>	Morskie; dymorficzne; dodatkowy barwnik to fikoerytryna (Marine; dimorphic; phycoerythrin as additional pigment)	HILL & WETHERBEE 1986 – pierwszy kryptofit, który został opisany jako dymorficzny w klonalnej kulturze (first cryptophyte that was observed to be dimorphic in a clonal culture)
<i>Falcomonas daucoides</i>	Morskie; dymorfizm nie był obserwowany; dodatkowy barwnik to fikocyjanina; pozycja taksonomiczna jeszcze nieustalona – znany jest tylko jeden gatunek (Marine; dimorphism not observed, phycocyanin as additional pigment; taxonomic position not yet resolved – only one species is known)	HILL 1991; MARIN i in. (<i>et al.</i>) 1998; HOEF-EMDEN i in. (<i>et al.</i>) 2002

Tabela 1. Kontynuacja – Table 1. Continued

Kład (Clade)	Uwagi (Notes)	Kluczowa literatura, najnowsze dane (Important literature, most recent data)
<i>Urgorri complanatus</i>	Wody słonawe; dymorfizm nie był obserwowany; dodatkowy barwnik to fikoerytryna; pozycja taksonomiczna jeszcze nieustalona – znany jest tylko jeden gatunek (Brackish; dimorphism not observed, phycoerythrin as additional pigment; taxonomic position not yet resolved – only one species is known)	LAZA-MARTÍNEZ 2012 – opis nowego rodzaju i gatunku (description of the new genus and species)
<i>Goniomonas</i>	Morskie; dymorfizm nie był obserwowany; brak plastydu; fagotroficzne (Marine; dimorphism not observed; plastid absent; phagotrophic)	MARTIN-CERECEDA i in. 2010; KIM & ARCHIBALD 2013 MARTIN-CERECEDA <i>et al.</i> 2010; KIM & ARCHIBALD 2013
<i>Hemiarma marina</i>	Morskie; dymorfizm nie był obserwowany; brak plastydu; heterotroficzne; znany jest tylko jeden gatunek (Marine; dimorphism not observed; plastid absent; heterotrophic)	SHIRATORI & ISHIDA 2016 – opis nowego rodzaju i gatunku (description of the new genus and species)

taksonomiczna była przeprowadzana wyłącznie na podstawie obserwacji przy użyciu mikroskopu świetlnego, zatem w rezultacie nie możemy wnioskować o różnorodności kryptofitów w Polsce.

JAK IDENTYFIKOWAĆ KRYPTOFITY – TAKSONOMIA ZINTEGROWANA

Mimo upływu prawie 200 lat odkąd opisano pierwsze kryptofity (EHRENBERG 1831) wciąż istnieje wiele problemów związanych z ich identyfikacją. W 1968 r. E. G. Pringsheim zaczął pracować nad kryptofitami w celu napisania monografii. Większość gatunków tej grupy jest wrażliwa na utrwalacze, więc Pringsheim izolował kryptofity do obserwacji, podczas których zauważył, że zmienność fenotypowa w klonalnej kulturze jest tak wysoka, że niemożliwym jest wyróżnienie cech taksonomicznych wyłącznie na podstawie morfologii komórki (por. przykład *Cryptomonas obovoidea* w najnowszej rewizji rodzaju; HOEF-EMDEN 2007 – Ryc. 10–17, s. 415). Wyniki badań Pringsheima ukazały się ostatecznie jako „Przyczynek do wiedzy o słodkowodnych kryptofitach” (PRINGSHEIM 1968), jednak wciąż wiele późniejszych badań opierało się wyłącznie na morfologicznych cechach komórki. Rozwój metod badawczych, w tym mikroskopii elektronicznej (skaningowej, transmisyjnej i metody *freeze fracture*) doprowadziły do włączenia cech ultrastrukturalnych do nowych systemów klasyfikacji taksonomicznej (np. SANTORE 1984; NOVARINO & LUCAS 1993; CLAY i in. 1999). Przełom nastąpił dopiero po zastosowaniu metod molekularnych, które wykazały niewystarczalność cech morfologicznych i ultrastrukturalnych dla celów taksonomicznych w tej grupie glonów (MARIN i in. 1998; DEANE i in. 2002; HOEF-EMDEN i in. 2002).

Obecnie taksonomia kryptofitów jest jeszcze daleka od rozwiązania, jednak intensywne badania w ostatnich latach pozwoliły na wytypowanie wśród nich dobrze popartych kładów (MARIN i in. 1998; DEANE i in. 2002), które zostały zestawione w tabeli 1 wraz z charakteryzującymi je ogólnymi informacjami oraz wybranymi, najważniejszymi publikacjami, które dotyczą tematu.

Podsumowując dotychczasowe osiągnięcia w badaniach nad kryptofitami, łatwo można przekonać się, że wiele jeszcze zostało do odkrycia na temat tych intrygujących organizmów, do badania których trzeba używać odpowiednich metod identyfikacji. Koncepcja tzw. taksonomii zintegrowanej zdaje się spełniać wymagania badań nad tą trudną grupą glonów, ponieważ zakłada pozyskiwanie informacji o gatunku na podstawie jak największej liczby danych (DAYRAT 2005). Oznacza to analizę zarówno cech morfologicznych, biologii i ekologii organizmu, pozycji filogenetycznej i innych danych, których znajomość przyczynia się do pełniejszej definicji gatunku.

Podziękowania. Artykuł został przygotowany w ramach działalności statutowej Instytutu Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, w tym w ramach projektów dla Młodych Naukowców 2013 oraz 2015. Bardzo dziękuję Recenzentowi za cenne uwagi i sugestie.

LITERATURA

- BENNIN E. 1922. Die Schwebewelt der Warthe bei Landsberg. – *Mikrokosmos* **15**: 182–187.
- BOHR R. 1971. Nannoplankton of the Lake Jasne. – *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze (Biologia)* **27**: 51–57.
- BORICS G., TÓTHMÉRÉSZ B., GRIGORSZKY I., PADISÁK J., VÁRBÍRÓ G. & SZABÓ S. 2003. Algal assemblage types of bog-lakes in Hungary and their relation to water chemistry, hydrological conditions and habitat diversity. – *Hydrobiologia* **502**(1–3): 145–155.
- BOURRELLY P. 1970. Les algues d'eau douce: initiation à la systematique. **3**. Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. s. 512. N. Boubée & Cie, Paris.
- BUCKA H. 1989. Ecology of selected planktonic algae causing water blooms. – *Acta Hydrobiologica* **31**(3–4): 207–258.
- BUCKA H., KRZECZKOWSKA-WOŁOSZYN Ł. & KYSELOWA K. 1968. Niektóre glony w planktonie stawów Gołysza i Landeka. – *Acta Hydrobiologica* **10**(3): 433–437.
- BURCHARDT L. 1976. Nowe dla Polski taksony glonów. – *Fragmenta Floristica et Geobotanica* **22**(1–2): 247–253.
- BURCHARDT L. 1977. Zmiany w składzie fitoplanktonu Jeziora Pątnowskiego odbiornika wód podgrzanych i ścieków z cukrowni (1972/73). s. 117. Uniwersytet A. Mickiewicza w Poznaniu, Poznań.
- CLAY B. L., KUGRENS P. & LEE R. E. 1999. A revised classification of *Cryptophyta*. – *Botanical Journal of the Linnean Society* **131**(2): 131–151.
- CURTIS B. A., TANIFUJI G., BURKI F., GRUBER A., IRIMIA M., MARUYAMA S., ARIAS M. C., BALL S. G., GILE G. H., HIRAKAWA Y. E., HOPKINS J. F., KUO A., RENSING S. A., SCHMUTZ J., SYMEONIDI A., ELIAS M., EVELEIGH R. J. M., HERMAN K., KLUTE M. J., NAKAYAMA T., OBORNÍK M., REYES-PRieto A., ARMBRUST E. V., AVES S. J., BEIKO R. G., COUTINHO P., DACKS J. B., DURNFORD D. G., FAST N. M., GREEN B. R., GRIDDALE C. J., HEMPEL F., HENRISSAT B., HÖPPNER M. P., ISHIDA K.-I., KIM E., KOŘENÝ L., KROTH P. G., LIU Y., MALIK S.-B., MAIER U. G., McROSE D., MOCK T., NEILSON J. A. D., ONODERA N. T., POOLE A. M., PRITHAM E. J., RICHARDS T. A., ROCAP G., ROY S. W., SARAI C., SCHAACK S., SHIRATO S., SLAMOVITS C. H., SPENCER D. F., SUZUKI S., WORDEN A. Z., ZAUNER S., BARRY K., BELL C., BHARTI A. K., CROW J. A., GRIMWOOD J., KRAMER R., LINDQUIST E., LUCAS S., SALAMOV A., MCFADDEN G. I., LANE C. E., KEELING P. J., GRAY M. W., GRIGORIEV I. V. & ARCHIBALD J. M. 2012. Algal genomes reveal evolutionary mosaicism and the fate of nucleomorphs. – *Nature* **492**(7427): 59–65.
- CZOSNOWSKI E. 2004. Prof. dr Jerzy Czosnowski (5 III 1922–6 VI 1976). – *Wiadomości Botaniczne* **48**(1–2): 32–34.

- CZOSNOWSKI J. 1948a. Materiały do flory wiciowców Polski. – Prace Komisji Biologicznej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk **11**(4): 1–40.
- CZOSNOWSKI J. 1948b. Wiciowce: klucz do oznaczania pospolitych gatunków. s. 35. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa.
- DAYRAT B. 2005. Towards integrative taxonomy. – Biological Journal of the Linnean Society **85**(3): 407–415.
- DEANE J. A., STRACHAN I. M., SAUNDERS G. W., HILL D. R. A. & MCFADDEN G. I. 2002. Cryptomonad evolution: nuclear 18S rDNA phylogeny versus cell morphology and pigmentation. – Journal of Phycology **38**(6): 1236–1244.
- DOUGLAS S. E. & PENNY S. L. 1999. The plastid genome of the cryptophyte alga, *Guillardia theta*: complete sequence and conserved synteny groups confirm its common ancestry with red algae. – Journal of Molecular Evolution **48**(2): 236–244.
- DOUGLAS S., ZAUNER S., FRAUNHOLZ M., BEATON M., PENNY S., DENG L-T., WU X., REITH M., CAVALIER-SMITH T. & MAIER U-G. 2001. The highly reduced genome of an enslaved algal nucleus. – Nature **410**(6832): 1091–1096.
- EHRENBERG C. G. 1831. Über die Entwicklung und Lebensdauer der Infusionsthier: nebst ferneren Beiträgen zu einer Vergleichung ihrer organischen Systeme. s. 154. Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin.
- GUIRY M. D. & GUIRY G. M. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org/> (dostęp: 09.07.2017).
- HILL D. R. A. 1991. *Chroomonas* and other blue-green cryptomonads. – Journal of Phycology **27**(1): 133–145.
- HILL D. R. A. & WETHERBEE R. 1986. *Proteomonas sulcata* gen. et sp. nov. (*Cryptophyceae*), a cryptomonad with two morphologically distinct and alternating forms. – Phycologia **25**(4): 521–543.
- HILL D. R. A. & WETHERBEE R. 1989. A reappraisal of the genus *Rhodomonas* (*Cryptophyceae*). – Phycologia **28**(2): 143–158.
- HOEF-EMDEN K. 2007. Revision of the genus *Cryptomonas* (*Cryptophyceae*) II: incongruences between the classical morphospecies concept and molecular phylogeny in smaller pyrenoid-less cells. – Phycologia **46**(4): 402–428.
- HOEF-EMDEN K. 2014. Osmotolerance in the *Cryptophyceae*: jacks-of-all-trades in the *Chroomonas* clade. – Protist **165**(2): 123–143.
- HOEF-EMDEN K., MARIN B. & MELKONIAN M. 2002. Nuclear and nucleomorph SSU rDNA phylogeny in the *Cryptophyta* and the evolution of cryptophyte diversity. – Journal of Molecular Evolution **55**(2): 161–179.
- HOEF-EMDEN K. & MELKONIAN M. 2003. Revision of the genus *Cryptomonas* (*Cryptophyceae*): a combination of molecular phylogeny and morphology provides insights into a long-hidden dimorphism. – Protist **154**(3–4): 371–409.
- JAVORNICKÝ P. & HINDÁK F. 1970. *Cryptomonas frigoris* spec. nova (*Cryptophyceae*), the new cyst-forming flagellate from the snow of the High Tatras. – Biológia (Bratislava) **25**(4): 241–250.
- KIM E. & ARCHIBALD J. M. 2013. Ultrastructure and molecular phylogeny of the cryptomonad *Goniomonas avonlea* sp. nov. – Protist **164**(2): 160–182.
- KIM J. I., YOON H. S., YI G., KIM H. S., YIH W. & SHIN W. 2015. The plastid genome of the cryptomonad *Tealeulax amphioxeia*. – PLoS ONE **10**(6): e0129284.
- KOCZWARA M. 1915. Fytoplankton stawów dobrostańskich. – Kosmos **40**(7–12): 231–275.

- KOTLIŃSKA E. 1976. Fitoplankton jeziora Rusalka. – W: I. DĄBBSKA, M. NOWIŃSKI, J. RAFALSKI, W. SKURATOWICZ, T. WOJTERSKI, A. WRÓBLEWSKI & M. ZENKTELER (red.), Fitoplankton sztucznych jezior położonych na terenie Poznania. – Prace Komisji Biologicznej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk **42**: 1–52.
- KUGRENS P. & CLAY B. L. 2003. Cryptomonads. – W: J. D. WEHR & R. G. SHEATH (red.), Freshwater algae of North America. Ecology and classification, s. 715–755. Academic Press, San Diego, California.
- LANE C. E. & ARCHIBALD J. M. 2008. New marine members of the genus *Hemiselmis* (*Cryptomonadales*, *Cryptophyceae*). – Journal of Phycology **44**(2): 439–450.
- LAZA-MARTÍNEZ A. 2012. *Urgorri complanatus* gen. et sp. nov. (*Cryptophyceae*), a red-tide-forming species in brackish waters. – Journal of Phycology **48**(2): 423–435.
- LAZA-MARTÍNEZ A., ARLUZZA J., MIGUEL I. & ORIVE E. 2012. Morphological and molecular characterization of *Teleaulax gracilis* sp. nov. and *T. minuta* sp. nov. (*Cryptophyceae*). – Phycologia **51**(6): 649–661.
- LEPISTÖ L. & HOLOPAINEN A.-L. 2003. Occurrence of *Cryptophyceae* and katablepharids in boreal lakes. – Hydrobiologia **502**(1–3): 307–314.
- MAJANEVA M., REMONEN I., RINTALA J.-M., BELEVICH I., KREMP A., SETÄLÄ O., JOKITALO E. & BLOMSTER J. 2014. *Rhinomonas nottbecki* n. sp. (*Cryptomonadales*) and molecular phylogeny of the family *Pyrenomonadaceae*. – The Journal of Eukaryotic Microbiology **61**(5): 480–492.
- MARIN B., KLINGBERG M. & MELKONIAN M. 1998. Phylogenetic relationships among the *Cryptophyta*: analyses of nuclear-encoded SSU rRNA sequences support the monophyly of extant plastid-containing lineages. – Protist **149**(3): 265–276.
- MARTIN-CERECEDA M., ROBERTS E. C., WOOTTON E. C., BONACCORSO E., DYAL P., GUINEA A., ROGERS D., WRIGHT C. J. & NOVARINO G. 2010. Morphology, ultrastructure, and small subunit rDNA phylogeny of the marine heterotrophic flagellate *Goniomonas* aff. *amphinema*. – Journal of Eukaryotic Microbiology **57**(2): 159–170.
- MATUŁA J. 1980. Nowe lub rzadkie dla flory Polski glony stwierdzone na torfowiskach wysokich w Sudetach. – Fragmenta Floristica et Geobotanica **26**(1): 121–136.
- MORRALL S. & GREENWOOD A. D. 1980. A comparison of the periodic substructure of the trichocysts of the *Cryptophyceae* and *Prasinophyceae*. – Biosystems **12**(1–2): 71–83.
- NOVARINO G. & LUCAS I. 1993. Some proposals for a new classification system of the *Cryptophyceae*. – Botanical Journal of Linnean Society **111**(1): 3–21.
- OLEKSOWICZ A. S. 1986. Planktonic and epiphytic algal communities in three limnologically different lakes of Tuchola Forests area I. Phycoflora. – Acta Universitatis Nicolai Copernici, Nauki Matematyczno-Przyrodnicze **61**, Prace limnologiczne **15**: 3–47.
- PLIŃSKI M. 1978. Glony Zatoki Gdańskiej: klucz do oznaczania gatunków. Cz. 2. Eugleniny, złotowiciowce, różnowiciowce, kryptofity. s. 34. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- PLIŃSKI M. & WOŁOWSKI K. 2012. Haptofity, Kryptofity i Chrysofity (*Haptophyta*, *Cryptophyta*, *Chrysofity*). – W: M. PLIŃSKI (red.), Flora Zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy), s. 34–54. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- PRINGSHEIM E. G. 1968. Zur kenntnis der Cryptomonaden des Süßwassers. – Nova Hedwigia **16**: 367–401.
- SANTORE U. J. 1984. Some aspects of taxonomy in the *Cryptophyceae*. – The New Phytologist **98**: 627–646.
- SHIRATORI T. & ISHIDA K. I. 2016. A new heterotrophic cryptomonad: *Hemiarma marina* n. g., n. sp. – The Journal of Eukaryotic Microbiology **63**(6): 804–812.
- SIEMIŃSKA J. 1990. Polska bibliografia fykologiczna. Bibliografie botaniczne. s. 464. Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki im. W. Szafera, Kraków – Wrocław.

- SIEMIŃSKA J. & PAJAŁ J. 1992. Polska bibliografia fykologiczna za lata 1981–1990. Bibliografie botaniczne. s. 181. Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki im. W. Szafera, Kraków.
- SIEMIŃSKA J. & WOŁOWSKI K. 2003. Catalogue of Polish prokaryotic and eukaryotic algae. – W: Z. MIREK (red.), Biodiversity of Poland. **5**, s. 252. Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki im. W. Szafera, Kraków.
- SIEMIŃSKA J. & WOŁOWSKI K. 2012. Polska bibliografia fykologiczna za lata 1991–2000. Bibliografie botaniczne. s. 159. Polska Akademia Nauk, Instytut Botaniki im. W. Szafera, Kraków.
- STARMACH K. 1974. *Cryptophyceae* – Kryptofity, *Dinophyceae* – Dinofity, *Raphidophyceae* – Rafidofity. – W: K. STARMACH & J. SIEMIŃSKA (red.), Flora słodkowodna Polski, s. 520. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Kraków.
- STEFKO B. 1976. Fitoplankton Jeziora Maltańskiego. – W: I. DĄBSKA (red.), Fitoplankton sztucznych jezior położonych na terenie Poznania. – Prace Komisji Biologicznej, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk **42**: 55–117.
- WISŁOUCH S. 1924. Przyczynek do biologii solnisk i genety szlamów leczniczych na Krymie. – Acta Societatis Botanicorum Poloniae **2**(2): 99–129.

SUMMARY

Most researchers dealing with plankton samples have had an opportunity to notice these small, fragile, yet very characteristic organisms – cryptophytes, which can be easily distinguished thanks to their asymmetrical cell shape and specific swaying movement. They are ubiquitous and widespread, found in freshwater, brackish and marine habitats. While identifying an organism as a cryptophyte is quite easy, determining the species and even genus within the cryptophytes can be problematic.

There are many records of cryptophyte occurrence in Polish waters but only a few scientists have given comprehensive descriptions of species, and even fewer have given figures to illustrate what they observed. Polish researchers who have contributed knowledge of this group of organisms include S. Wisłouch and J. Czosnowski, who described new species, and K. Starmach, who compiled a key for identification then used by many phycologists. Most of the data on cryptophyte occurrence come from works on general phytoplankton research and from hydrobiological studies. The species were identified mostly by light microscopy, which in the light of current knowledge is not sufficient for cryptophyte species determination. Developments in research techniques and methods have revealed the complexity of cryptophyte cells and ultrastructure, their biology, and the taxonomy of the group, so the need for appropriate methods of identification should be borne in mind when studying cryptophytes. The concept of integrative taxonomy addresses the needs created by this challenging group of organisms, as it derives information on the species from as many perspectives as possible. This means examining the morphology, biology, ecology, molecular phylogeny and any other data that, when combined, will complete our knowledge of a given species.

Current cryptophyte taxonomy is far from being resolved, although some well-supported clades can be distinguished; they are summarized in the paper, together with general information about them and a subjective selection of the important literature.

Wpłynęło: 12.09.2017 r.; przyjęto do druku: 10.10.2017 r.