

Стоматоцисты хризофитовых водорослей из водных объектов Омского Прииртышья и озера Телецкое (Горный Алтай, Россия)

О. П. БАЖЕНОВА, Е. Ю. МИТРОФАНОВА*, В. Е. ШАХОВАЛ

ФГБОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»
644008, Омск, Институтская площадь, 2
E-mail: olga52@bk.ru

* Институт водных и экологических проблем СО РАН
656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено распространение стоматоцист хризофитовых водорослей в планктоне разнотипных водных объектов бассейна среднего Иртыша (Омское Прииртышье), а также в планктоне и обрастаниях глубоководного олиготрофного оз. Телецкое (Горный Алтай). Проведена классификация морфотипов стоматоцист. В планктонных пробах из водных объектов Омского Прииртышья найдено 30 морфотипов, в оз. Телецкое – 60. Выявлено четыре сходных морфотипа цист для изучаемых водных объектов.

Ключевые слова: хризофитовые водоросли, стоматоцисты, морфотипы, Омское Прииртышье, озеро Телецкое.

Стоматоцисты (цисты) хризофитовых водорослей представляют собой образования с кремнистыми стенками, имеющие, как правило, сферическую форму. Их морфология постоянна для каждого вида, поэтому может считаться хорошим систематическим признаком [1]. Хорошо сохраняясь в донных отложениях и планктоне, стоматоцисты золотистых водорослей получили широкое применение в палеолимнологических исследованиях в качестве индикаторов трофности водоемов, изменений климата и других параметров окружающей среды [2–13].

Сообщение основано на материалах, полученных при исследовании одной пробы из обрастаний и планктонных проб, собранных в оз. Телецком (Горный Алтай), и планктон-

ных проб из различных озер и рек Омской области.

Главной водной артерией Омской области является трансграничная река Иртыш. В пределах региона располагается ее среднее течение, здесь находится множество малых рек и озер, часто эту территорию называют Омское Прииртышье. Реки бассейна среднего Иртыша имеют характерные особенности, снижающие их способность к самоочищению, – небольшие скорости течения, замедленный сток талых и паводковых вод, продолжительные разливы весной. Правобережные притоки Иртыша (Онь, Тара и др.) протекают по болотистой местности. Происхождение озер самое разное. На севере области в подзоне южной тайги преобладают озера с

пресной водой, в лесостепи распространены пресные и соленые. Уровень антропогенного загрязнения Иртыша, его притоков и других водоемов Омского Прииртышья весьма высок [14].

В отличие от водных объектов бассейна среднего Иртыша оз. Телецкое – глубокий (максимальная глубина 323 м, средняя 174 м) водоем тектонического происхождения в горах Алтая на юге Западной Сибири [15], имеющий минимальную антропогенную нагрузку, что позволяет его альгоценозам существовать в естественных ненарушенных условиях. При низкой природной минерализации воды (в среднем по водоему 74 мг/л) [16], большой водной массе (41,1 км³) и высоком уровне внешнего водообмена (один раз в 5–7 лет) в озере создаются благоприятные условия для развития диатомовых, криптофитовых и золотистых водорослей.

Стоматоцисты золотистых водорослей Омского Прииртышья и оз. Телецкого ранее из-за их мелких размеров и плохой различимости в световом микроскопе не изучали. Сами *Chrysophyta* широко распространены в планктоне рек и озер как бассейна среднего Иртыша [14], так и глубокого олиготрофного оз. Телецкого [17].

В настоящее время в реках и озерах бассейна среднего Иртыша найдено 47 видов (49 разновидностей, включая номенклатурный тип вида) хризофитовых водорослей из 8 родов (*Chrysococcus* Klebs, *Kephyrion* Pasch., *Dinobryon* Ehr., *Pseudokephyrion* Pasch. emend. Schmid, *Mallomonopsis* Matv., *Mallomonas* Perty, *Synura* Ehr., *Chryso-sphaerella* Laut.), относящихся к классу Chrysophyceae, порядкам Chromulinales и Ochomonadales, семействам Chrysococcaceae, Dinobryonaceae и Synuraceae. Наибольшим числом видов представлен род *Kephyrion* (17), самым распространенным и достигающим высокого обилия (10–780 тыс. кл./л) видом является *Kephyrion rubri-claustri* Cong. Часто встречаются и могут интенсивно развиваться различные виды рода *Dinobryon*. Из обнаруженных водорослей 25 видов и разновидностей являются индикаторами сапробности, среди них преобладают виды с высокой пластичностью к загрязнению воды органическими веществами. По отношению к солености воды преоблада-

ют индифференты (11 видов) и олигогалобы (6), по географической принадлежности – космополиты (12 видов).

Встречаемость и обилие хризофитовых водорослей в водных объектах Омского Прииртышья варьируют. Наибольшее видовое богатство присуще фитопланктону Иртыша (14 видов и разновидностей) и его притоков – Оми (15), Тары (13) и небольшому озеру природного парка Птичья Гавань (16 видов и разновидностей). Vegetация водорослей в основном приурочена к холодному времени года, когда в водоемах содержится значительное количество легкорастворимых органических веществ, к усвоению которых, как известно [1], способны многие *Chrysophyta*, но ряд видов достигает высокого обилия и летом. В некоторых озерах и реках Омского Прииртышья их численность может достигать 1–5 млн кл./л.

При изучении фитопланктона пелагиали Телецкого озера в общем составе водорослей (337 видов) выявлено 29 видов (30 разновидностей, включая номенклатурный тип вида) отдела *Chrysophyta* из семи родов, двух семейств, двух порядков и одного класса. Впервые для озера отмечены 26 видов и одна разновидность, в том числе 22 вида и одна разновидность дополнили состав водорослей Горного Алтая, из них часть видов входит в число редких или новых для альгофлоры Западной Сибири в целом [17, 18]. К числу наиболее распространенных и одновременно играющих заметную роль в сложении планктонных группировок относится ряд видов из родов *Chrysococcus*, *Mallomonas*, *Dinobryon*.

Chrysococcus rufescens Klebs встречается почти круглый год, на глубоководных станциях может достигать численности более 20 тыс. кл./л. *Mallomonas acaroides* Perty предпочитает южные и центральные участки озера и может формировать до 55 % общей биомассы фитопланктона. Вносят существенный вклад в биомассу и другие виды этого рода – *M. caudata* Iwanoff em. Krieger (до 45 % общей биомассы), *M. elegans* Lemm. (до 21,8 %), *M. elongata* Reverd. (до 74 %). *Dinobryon divergens* Imh. встречается в основном в поверхностном планктоне северного и северо-западного участков озера, неоднократно отмечен в числе видов, преобладающих по био-

массе (до 13,4 мг/м³ и до 55 % от общей биомассы).

Цель данной работы – изучение состава и распространения стоматоцист хризифитовых водорослей в разнотипных водных объектах Омского Прииртышья и глубоководном олиготрофном оз. Телецкое.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы фитопланктона в Омском Прииртышье собраны на р. Иртыш в районе г. Омска (июнь – июль 2009 г.); реках Омь (июнь 2007 г., июль 2008 г.) и Тара (июнь 2009 г.); озерах, расположенных на территории г. Омска (Соленое, Моховое – июль 2009 г.; Птичья Гавань, июль 2008 и 2009 гг.); озерах Муромцевского района Омской области (Линево, Данилово, Щучье, июль 2009 г.). Пробы отбирали из поверхностного слоя воды, фиксировали формалином и концентрировали осадочным методом.

Материалом из оз. Телецкое послужили семь качественных проб фитопланктона и обрастаний. Пробы отобраны в разные годы и сезоны на участках акватории озера: устье р. Чулышман (литораль), 9 августа 1997 г.; устье р. Чулышман (пелагиаль), 26 июня 1990 г.; устье р. Кыги (литораль), 27 августа 1996 г.; Артыбаш (пелагиаль), 15 июня 1992 г.; Яйлю (пелагиаль), 24 октября 1996 г., 5 августа 1999 г.; Камгинский залив (литораль, обрастания на стеклах), 4 августа 2002 г.

Освобождение материала от органических веществ проводили методом холодного сжигания [19], подготовленные препараты исследовали в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Hitachi S3400N при увеличении 2,1–21 тыс. раз в Институте водных и экологических проблем СО РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В планктонных пробах из водных объектов Омского Прииртышья найдено 30 морфотипов стоматоцист, имеющих различное строение (рис. 1, 2). Цисты классифицированы в соответствии с их морфологией, разделение на группы морфотипов проводили по работе А. Д. Фирсовой с соавт. [20] с учетом ряда литературных источников [8, 21–24] и электронной базы данных [25].

Наиболее широко в планктоне рек и озер представлены стоматоцисты сферической формы, преимущественно с гладкой поверхностью, количество которых достигает 20. Диаметр цист варьировал в пределах 2,82–12,58 мкм. Наибольшее разнообразие морфотипов (сферической, яйцевидной и обратно-яйцевидной формы) характерно для стоматоцист из оз. Птичья Гавань. Большое количество сферических цист с разнообразной поверхностью были найдены в оз. Линево. Характерно, что только в этом озере количество найденных видов и разновидностей хризифитовых водорослей (6) существенно меньше числа морфотипов обнаруженных стоматоцист (12). В остальных обследованных водных объектах разнообразие морфотипов стоматоцист уступает видовому богатству хризифитовых водорослей.

Установить таксономическую принадлежность морфотипов цист к настоящему времени не представляется возможным.

В исследованных планктонных пробах Телецкого озера выявлено 60 морфотипов стоматоцист хризифитовых водорослей, объединенных в 21 группу морфотипов, некоторые из них представлены на рис. 3. Разделение на группы морфотипов проведено так же, как и в предыдущем случае. В планктоне присутствовали стоматоцисты в основном сферической формы, их диаметр изменялся в пределах 2,7–12,7 мкм. Самые мелкие экземпляры (диаметром около 3 мкм) найдены в планктоне больших заливов – Камгинского и Кыгинского, самые крупные (диаметром около 13 мкм) – в планктоне пелагиали у пос. Яйлю и в Камгинском заливе (морфотип 14). Этот морфотип соотнесен с видом *Mallomonas crassisquama* (Asmund) Fott и, по литературным данным [25], имеет размеры 13,8–18,3 мкм. В оз. Телецкое стоматоцисты этого вида имеют несколько меньший диаметр – 12,7 мкм. Данный морфотип в водных объектах Омского Прииртышья не найден. Экземпляры с эллипсоидной и иной формой отмечены лишь единично, их размеры по длине не превышали 9,5 мкм, по ширине – 4,3 мкм.

Размеры стоматоцист хризифитовых водорослей из планктона водных объектов бассейна среднего Иртыша почти совпадают с размерами стоматоцист из Телецкого озера. Однако в последнем большее распространение

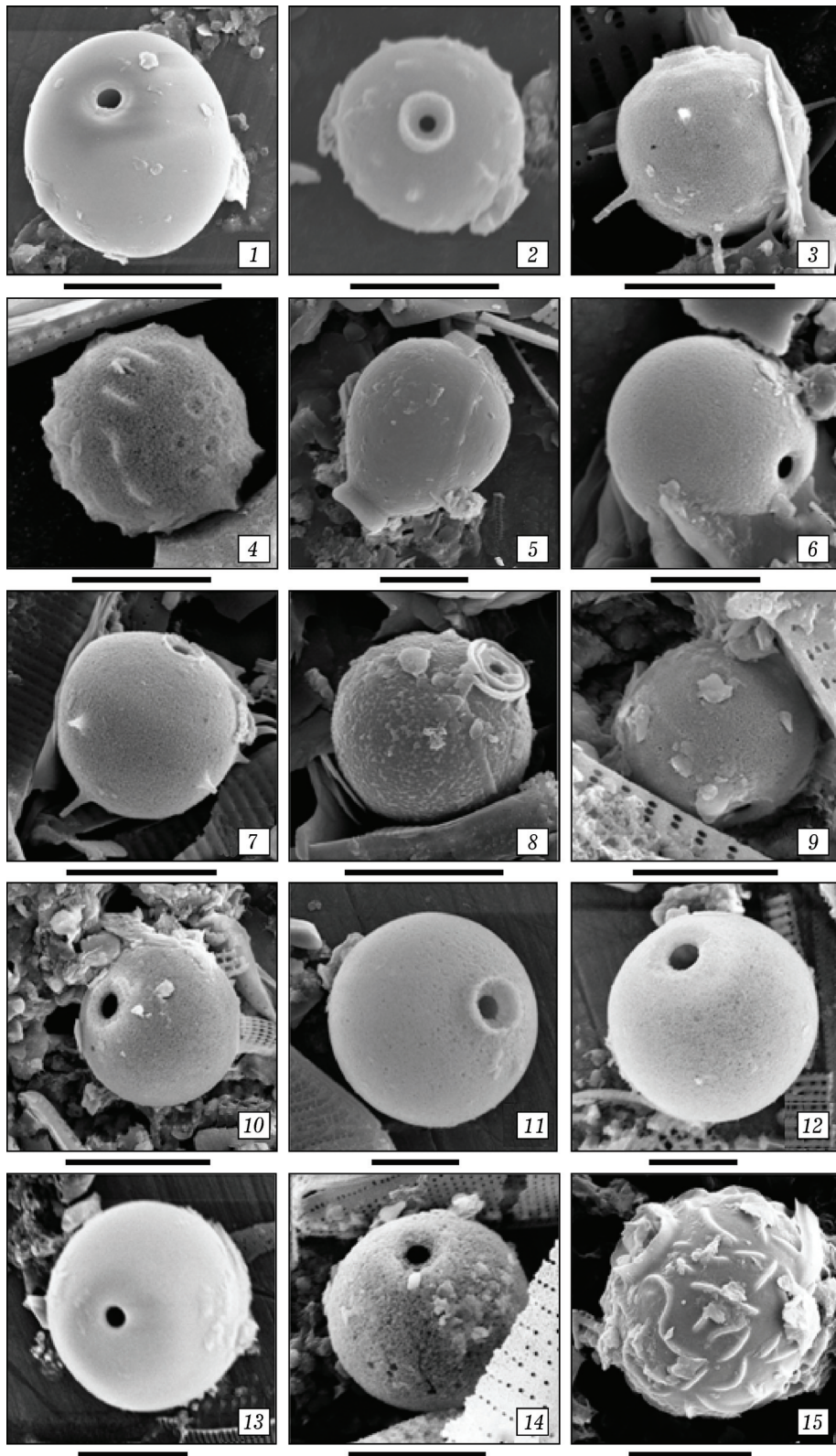


Рис. 1. Электронные микрофотографии стоматоцист хризифитовых водорослей из планктона водных объектов Омского Прииртышья: 1-8 – оз. Птичья Гавань; 9 – оз. Моховое; 10-14 – р. Омь; 15 – р. Тара.
 Масштаб: 1, 10 – 10 мкм; 2, 3, 7 – 4 мкм; 4 – 3 мкм; 5, 6, 8, 9, 11-15 – 5 мкм

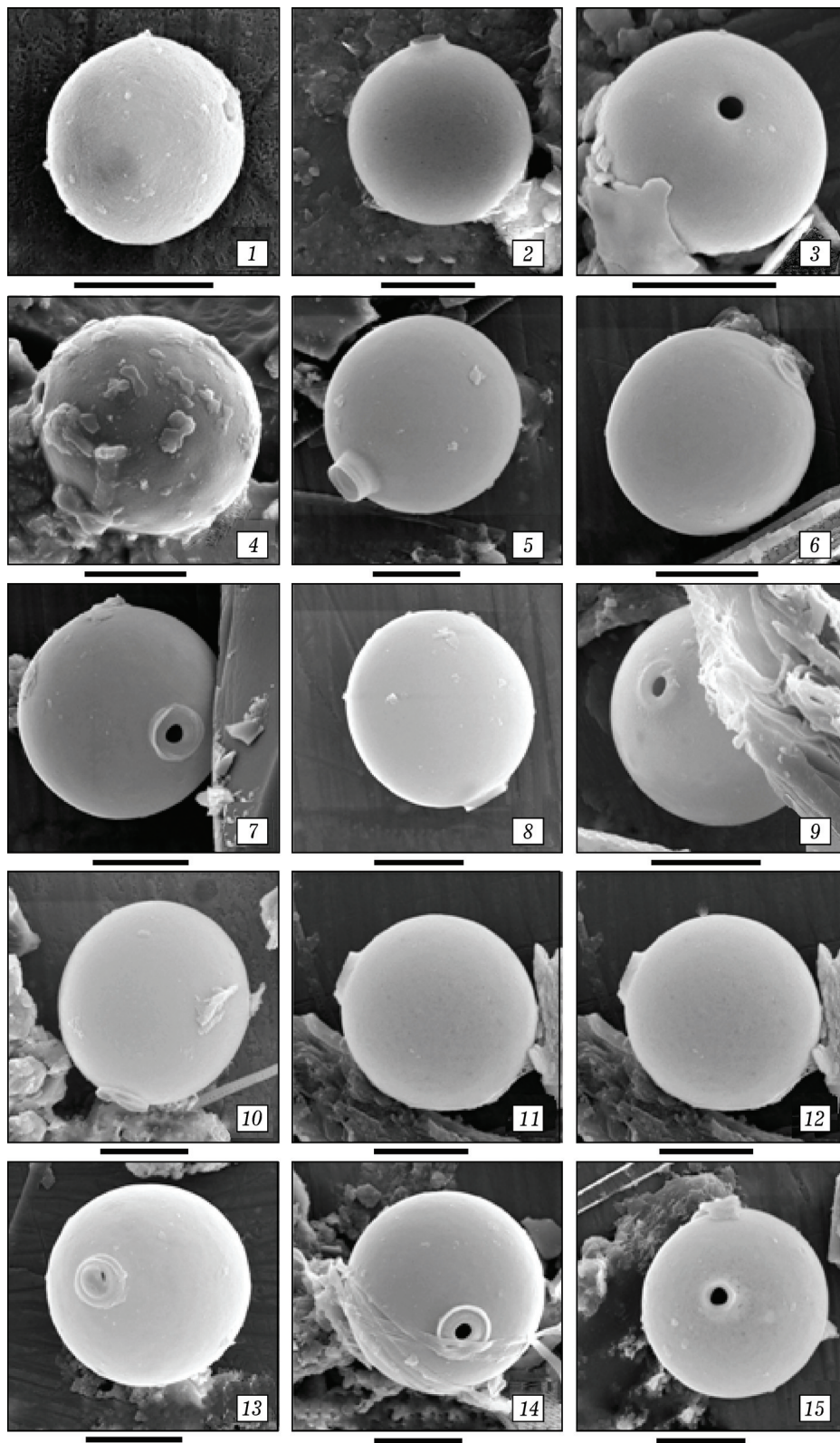


Рис. 2. Электронные микрофотографии стоматоцист хризифитовых водорослей из планктона водных объектов Омского Прииртышья: 1 – оз. Щучье; 2, 3 – р. Иртыш; 4–15 – оз. Линево.

Масштаб: 1 – 4 мкм; 2–15 – 5 мкм

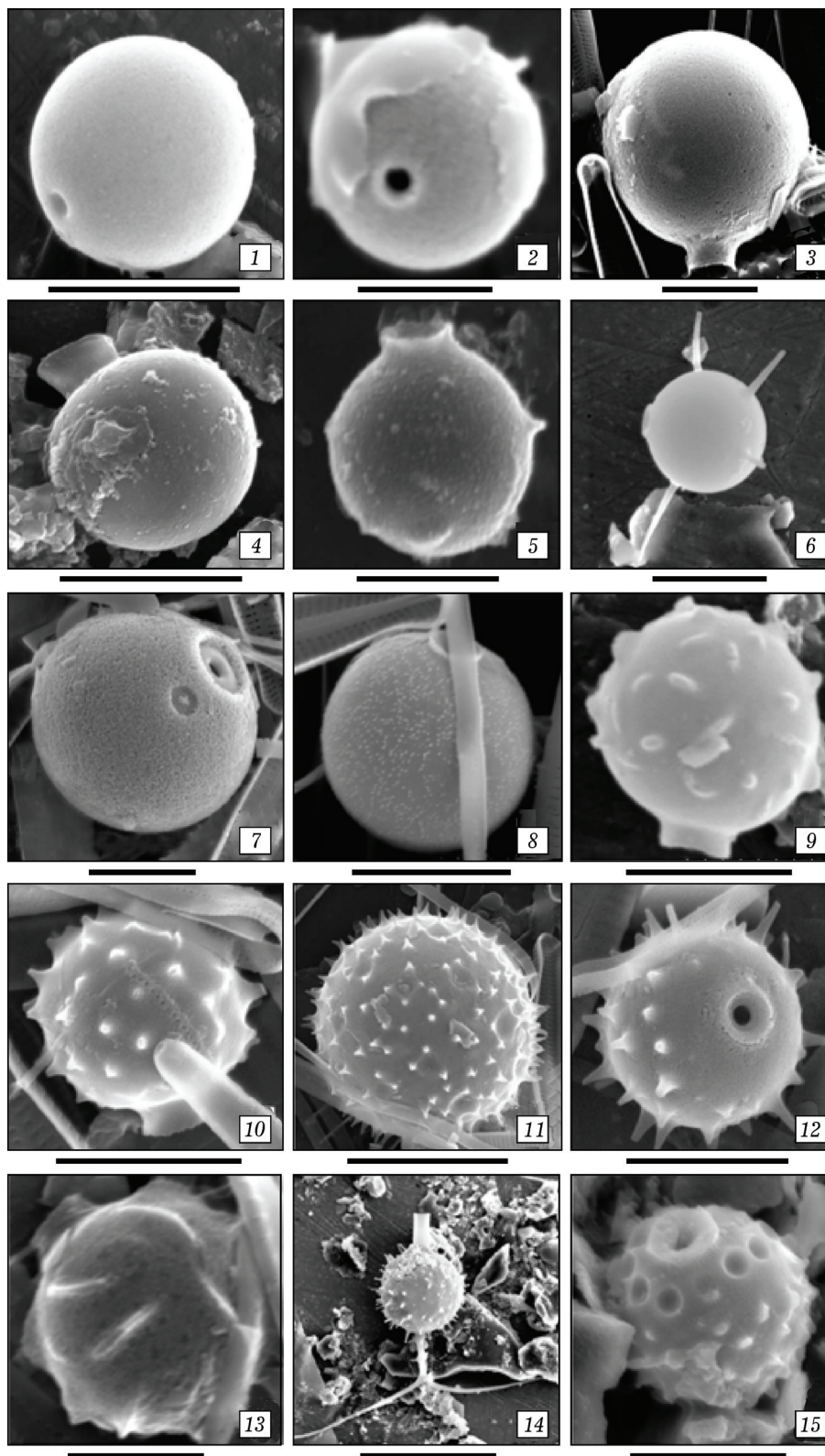


Рис. 3. Электронные микрофотографии сферических стоматоцист хризифитовых водорослей из планктона оз. Телецкое.

Масштаб: 1, 3, 4, 6-8, 12 - 5 мкм; 2, 5, 13 - 2 мкм; 9 - 3 мкм; 10, 15 - 4 мкм; 11 - 10 мкм; 14 - 20 мкм

имеют цисты с различной орнаментацией, выростами и отростками, а в Иртыше, напротив, – гладкие формы с различным типом воротничков. Из всего многообразия цист, найденных в р. Иртыш, водных объектах его бассейна и в Телецком озере, выявлено только четыре сходных морфотипа – 13 (р. Омь), 6 и 8 (оз. Птичьа Гавань), 15 (р. Тара) (см. рис. 1) против 1, 2, 5 и 13 в Телецком озере (см. рис. 3). В планктоне глубокого водоема, каким является оз. Телецкое, организмам нужны различные приспособления для поддержания плавучести, поэтому большее распространение здесь получили стоматоцисты именно с различными выростами и отростками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В планктонных пробах из водных объектов Омского Прииртышья с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi S3400N выявлено 30 морфотипов стоматоцист хризифитовых водорослей преимущественно сферической формы с гладкой и шероховатой поверхностью без выростов. Наибольшее разнообразие морфотипов характерно для стоматоцист из мелководного эвтрофного оз. Птичьа Гавань. В планктоне и обрастаниях оз. Телецкое выделено 60 форм стоматоцист, объединенных в 21 группу морфотипов, среди них преобладающие – с орнаментацией в виде гребней и шипов. Наибольшее разнообразие морфотипов отмечено на двух участках озера – в пелагиали центральной части озера и литорали Камгинского залива. В водных объектах бассейна среднего Иртыша и в Телецком озере выявлено четыре сходных морфотипа стоматоцист хризифитовых водорослей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвиенко А. М. Золотистые водоросли (Определитель пресноводных водорослей СССР). М.: Сов. наука, 1954. Вып. 3. 188 с.
2. Edlund M. B., Stoermer E. F., Pilskaln C. H. Siliceous microfossil succession in the recent history of two basins in lake Baikal, Siberia // *J. Paleolimnol.* 1995. Vol. 14. P. 165–184.
3. Smol J. P. Application of Chrysophytes to problems in paleolimnology // *Chrysophyte algae*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. P. 303–329.
4. Stoermer E. F., Edlund M. B., Pilskaln C. H., Schelske S. L. Siliceous microfossil distribution in the surficial sediments of Baikal // *J. Paleolimnol.* 1995. Vol. 14. P. 69–82.
5. Julius M. L., Stoermer E. F., Colman S. M., Moore T. C. A preliminary investigation of siliceous microfossil succession in late Quaternary sediments from lake Baikal, Siberia // *Ibid.* 1997. Vol. 18. P. 189–206.
6. Lotter A. F., Briks H. J. B., Hofmann W., Marchetto A. Modern diatom, cladocera, chironomid, and chrysophyte stomatocyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate // *Ibid.* 1997. Vol. 18. P. 395–420.
7. Lotter A. F., Appleby P. G., Bindler R. et al. The sediment record of the past 200 years in a Swiss high-alpine lake: Hagelseewili (2339 m a. s. l.) // *Ibid.* 2002. Vol. 28. P. 111–127.
8. Wilkinson A. N., Smol J. P. Chrysophycean stomatocyst flora from south central Ontario lakes // *Can. J. Bot.* 1998. Vol. 76. P. 836–862.
9. Dumont H. J., Cocquyt C., Fontugne M. et al. The end of moai quarrying and its effect on lake Rano Raraku, Easter Island // *J. Paleolimnol.* 1998. Vol. 20. P. 409–422.
10. Wilkinson A. N., Roland I. H., Smol J. P. Chrysophyte stomatocysts as paleolimnological indicators of environmental change due to cottage development and acidic deposition in the Muskoka-Haliburton region, Ontario, Canada // *Ibid.* 1999. Vol. 22. P. 17–39.
11. Rull V., Wegas-Wilarrubia T. Chrysophycean stomatocysts in Caribbean mangrove // *Hydrobiologia.* 2000. Vol. 428. P. 145–150.
12. Van de Vijver B., Beyens L. Chrysophycean stomatocysts from freshwater habitats of the Stromness Bay area, South Georgia, Antarctica // *Can. J. Bot.* 2000. Vol. 78. P. 88–97.
13. Sporcka F., Stefkova E., Bitusik P. et al. The paleolimnological analysis of sediments from high mountain lake Nizne Terianske pleso in the High Tatras (Slovakia) // *J. Paleolimnol.* 2002. Vol. 28. P. 95–109.
14. Баженова О. П. Фитопланктон верхнего и среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. 248 с.
15. Selegei V., Dehandschutter B., Klerks J., Vysotsky A. Physical and geological environment of Lake Teletskoye // *Ann. Sciences Geologiques. Tervuren, Belgique.* 2001. Vol. 105. P. 1–310.
16. Селегей В. В., Селегей Т. С. Телецкое озеро. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 142 с.
17. Митрофанова Е. Ю., Сафонова Т. А. Золотистые водоросли Телецкого озера // *Сиб. экол. журн.* 2001. № 4. С. 429–433.
18. Митрофанова Е. Ю. Фитопланктон Телецкого озера (Горный Алтай, Россия): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2000. 22 с.
19. Балонов И. М. Подготовка диатомовых и золотистых водорослей к электронной микроскопии // *Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов.* М.: Наука, 1975. С. 87–89.
20. Фирсова А. Д., Кузьмина А. Е., Томберг И. В., Потемкина Т. Г., Лихошвай Е. В. Сезонная динамика формирования стоматоцист хризифитовых водорослей в планктоне Южного Байкала // *Изв. РАН. Сер. биол.* 2008. № 5. С. 589–596.

21. Duff K. E., Smol J. P. Morphological descriptions and stratigraphic distributions of the chrysophycean stomatocysts from a recently acidified lake (Adirondack Park, N.Y.) // *J. Paleolimnol.* 1991. Vol. 5. P. 73–113.
22. Carney H. J., Whiting M. C., Duff K. E., Whitehead D. R. Chrysophycean cysts in Sierra Nevada (California) lake sediments: paleoecological potential // *Ibid.* 1992. N 7. P. 73–94.
23. Pla S. Chrysophycean cysts from the Pyrenees // *Bibliotheca Phycologica* Band. 109. J. Cramer. Berlin-Stuttgart, 2001. 198 p.
24. Фирсова А. Д., Лихошвай Е. В. Атлас цист хризофитовых водорослей озера Байкал. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2006. 148 с.
25. <http://www.stomatocysts.unibe.ch/stDatabase-public.php>

Stomatocysts of Chrysophyte Algae from Water Bodies of the Territory Near the Irtysh River in the Omsk Region and Lake Teletskoe (Mountainous Altay, Russia)

O. P. BAZHENOVA, E. Yu. MITROFANOVA*, V. E. SHAKHOVAL

*Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Professional Education
P. A. Stolypin Omsk State Agricultural University
644008, Omsk, Institutskaya square, 2
E-mail: olga52@bk.ru*

* *Institute of Water and Ecological Problems SB RAS
656038, Barnaul, Molodezhnaya str., 1*

Distribution of stomatocysts of chrysophyte algae in the plankton of water bodies of different types in the basin of the middle reach of the Irtysh (at the Omsk Region), as well as in the plankton and in fouling of a deep-water oligotrophic lake Teletskoe (Mountainous Altay) is considered. Classification of the morphotypes of stomatocysts is carried out. The number of morphotypes found in plankton samples from water bodies of the middle Irtysh basin is 30, in Lake Teletskoe - 60. Four similar morphotypes of cysts were revealed for the water bodies under investigation.

Key words: chrysophyte algae, stomatocysts, morphotypes, middle Irtysh (in the Omsk Region), Lake Teletskoe.