

СТОМАТОЦИСТЫ ЗОЛОТИСТЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ (CHRYSORHUTA) АЛЬГОФЛОРЫ ПАРКОВ ПЕТЕРГОФА

© 2020 г. С. Н. Шадрина^{1,*}, Т. В. Сафронова¹

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376, Россия

*e-mail: wertexy@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.11.2019 г.

После доработки 10.01.2020 г.

Принята к публикации 14.01.2020 г.

Представлены сведения о стоматоцистах золотистых водорослей прудов Лугового парка Петергофа (Санкт-Петербург). Выявлено 13 морфотипов стоматоцист, из которых 4 соотнесены с конкретными видами, для 11 цист определен номер морфотипа и 2 морфотипа описаны впервые для науки. Пять морфотипов стоматоцист впервые указываются для водоемов России, четыре – впервые обнаружены в Европе. Для каждой стоматоцисты приводятся: описание морфологии, микрофотографии (СЭМ) и доступные географические и экологические сведения. Полученные данные могут служить дополнительным критерием оценки таксономического разнообразия золотистых водорослей.

Ключевые слова: *Chrysothyceae*, стоматоцисты, новые морфотипы, таксономия, распространение, экология

DOI: 10.31857/S0006813620030084

Золотистые водоросли – это широко распространенная группа преимущественно пресноводных гидробионтов, характерной особенностью которой является способность формировать эндогенные кремнистые цисты (стоматоцисты). Стоматоцисты представляют собой покоящиеся стадии жизненного цикла золотистых водорослей, обеспечивающие их выживание в неблагоприятных условиях. Морфология стоматоцист видоспецифична (Duff et al., 1995), ее описание является важным разделом флористического изучения золотистых водорослей и может служить дополнительным критерием для оценки разнообразия группы в водоемах. Для стоматоцист, видовую принадлежность которых невозможно определить, международная рабочая группа ISWG (International Statospore Working Group) (Cronberg, Sandgren, 1986) разработала идентификационную систему, согласно которой им, вместо видовых названий, присваиваются номера морфотипов. К подробному описанию морфотипа цисты прилагаются микрофотографии, географические и экологические сведения.

Данная работа является частью многолетнего изучения флоры золотистых водорослей водоемов г. Санкт-Петербурга (Voloshko, 2016; Safronova et al., 2017; Safronova, 2019; Shadrina, 2019), ее результаты дополняют знания о таксономическом разнообразии золотистых водорослей ис-

следованных водоемов и расширяют спектр известных морфотипов стоматоцист.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом послужили сборы 2013 и 2017 годов в прудах “Лугового парка” Петергофа (табл. 1). Парк расположен на южном берегу Финского залива и вытянут с севера на юг до Бабигонской возвышенности. Площадь парка составляет более 85 га, из которых почти 18 га заняты системой из 9 прудов, расположенных на трассе Петергофского канала-водовода. Глубина прудов и каналов не превышает 2 м. Вода в пруды и каналы Лугового парка поступает с Ропшинской возвышенности, расположенной в 25 километрах от Петергофа. Из прудов вода по Самсониевскому каналу (водоводу) подается для питания фонтанов и каскадов Верхнего сада и Нижнего парка Петергофа.

Пробы фитопланктона отбирались сетью с диаметром ячеек 15 мкм. Также собирались обрастания камней и выжимки мхов. Все пробы фиксировались 2%-м раствором формальдегида. Параметры воды – температура, электропроводность (УЭП), водородный показатель (рН) воды измерялись кондуктометром HM Digital COM-80 и рН-метром Hanna HI (табл. 1). Анализ материала проводился на световом микроскопе марки Микмед 6, морфология стоматоцист изучалась на

Таблица 1. Характеристика точек сбора проб. УЭП – удельная электропроводность ($\mu\text{S cm}^{-1}$); Т – температура воды**Table 1.** Characterization of sampling localities. EC – electrical conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$); T – temperature of water

№ пробы Sample number	Дата Date	Местоположение Location	Координаты (с. ш., в. д.) Coordinates	T, °C	pH	УЭП EC
1	31.05.2013	Большой Круглый пруд, планктон Bolshoy Kruglyy pond, plankton	N59°51.881' E29°53.879'	21.5	7.2	532
2	31.05.2013	Петергофский канал, планктон Petergofskiy canal, plankton	N59°51.528' E29°53.749'	23	7.5	530
3	31.05.2013	Мельничный пруд, планктон Melnichnyy pond, plankton	N59°51.680' E29°53.884'	22.5	7.5	510
4	22.06.2017	Самсониевский канал, выжимка мха Samsonievskiy channel, moss squeeze	N59°52.183' E29°54.043'	14.8	7.7–8.0	466
5	22.06.2017	Большой Круглый пруд, обрастания камней Bolshoy Kruglyy pond, fouling of stones	N59°51.822' E29°53.865'	16.5	7.63–8.0	461

сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) марки JEOL–JEM – 100 S с разрешающей способностью 200 А, при ускоряющем напряжении 50 кВ. Методика подготовки проб для изучения ультраструктуры стоматоцист на СЭМ подробно описана в статье С.Н. Шадринной (Shadrina, 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В водоемах и водотоках Лугового парка идентифицировано 13 морфотипов стоматоцист, описания которых приводятся ниже.

1. Неорнаментированные стоматоцисты

1. Стоматоциста 11, Pang, Wang, 2013. Рис. 1.6

Видовая принадлежность: неизвестна.

Описание: стоматоциста сферическая или слегка приплюснутая, 8 мкм в диам. Пора правильная, 0.6 мкм в диам., окружена плоским или слегка наклонным аннулюсом, 2.6 мкм в диам. Воротничок отсутствует. Поверхность стоматоцисты гладкая.

Локализация: проба № 4.

Распространение: Китай (Pang, Wang, 2013). В Европе и России отмечена впервые.

Экология: в прудах и осоковых болотах при pH = 6.3–7.4 и температуре воды 0–16°C.

2. Стоматоциста 33, Pang, Wang, 2014. Рис. 1.4, 1.5

Видовая принадлежность: неизвестна.

Описание: стоматоциста сферическая, 6.2–6.9 мкм в диам., с правильной порой, 0.8 мкм в диам. Вокруг поры имеется плоский или слегка набухший аннулюс. Воротничок цилиндрический, 1.5–2.9 мкм шир., 0.6–0.9 мкм выс., внутренний край почти вертикальный. Поверхность стоматоцисты гладкая.

Локализация: проба № 5.

Распространение: Китай (Pang, Wang, 2017). В Европе и России отмечена впервые.

Экология: в озерах и реках при pH = 5.5–6.7 и температуре воды 0–25°C.

3. Стоматоциста 49, Duff et Smol, 1991 em. Zeeb et Smol, 1993. Рис. 1.2

Видовая принадлежность: Sandgren (1989) считает, что стоматоцисты подобного типа формирует вид *Chryso-sphaerella longispina* Korsch.

Описание: стоматоциста сферическая, 9.2–10 мкм в диам., с вогнутой порой, 0.6–1.0 мкм в диам., окруженной припухлым псевдоаннулюсом, 1.1–1.4 мкм в диам. Воротничок отсутствует. Поверхность стоматоцисты гладкая.

Локализация: проба № 5.

Распространение: Канада (Duff, 1991; Rybak et al., 1991), США (Zeeb, Smol, 1993; Zeeb, 1996), Субантарктика, о. Южная Георгия (Van de Vijver, 1997), Испания (Pla, 2001), Австрия (Kamenik et al., 2001), Польша (Cabała, 2002; Piątek, 2005; Piątek, Piątek, 2005; Piątek, 2007), Румыния (Soro-czki-Pinter, 2014), Китай (Pang, Wang, 2013; Pang, Wang, 2014). В России отмечена в Ладожском озере (Voloshko, 2016), в озере Байкал (Firsova et al., 2018), Финском заливе (Shadrina, 2019), в пруду Санкт-Петербурга (Safronova, 2019).

Экология: стоматоциста широко распространенного вида, обитающего в планктоне пресных водоемов: реках, озерах, водохранилищах и в сфагновых болотах, встречается часто.

4. Стоматоциста 112, Zeeb et al., 1990 em. Duff, Smol, 1994. Рис. 2.6

Видовая принадлежность: некоторые авторы (Nygaard, 1977; Duff et al., 1995) считают, что эта стоматоциста, вероятно, формируется видом *Ochromonas globosa* Skuja.

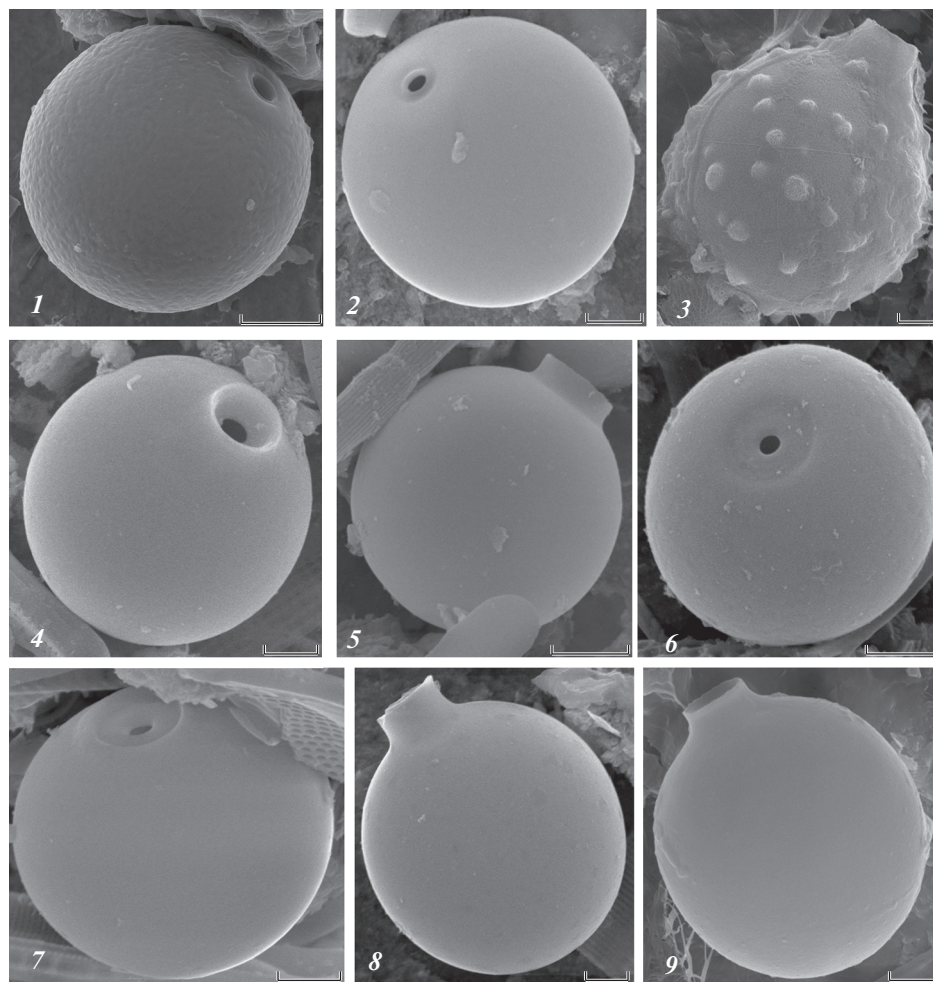


Рис. 1. Стоматоцисты (СЭМ). 1 – стоматоциста 110, Pang, Wang, 2017; 2 – стоматоциста 49, Duff, Smol, 1991, emend. Zeeb, Smol, 1993; 3 – стоматоциста 10, Cabała J. in Wołowski et al., 2004; 4, 5 – стоматоциста 33, Pang, Wang, 2014; 6 – стоматоциста 11, Pang, Wang, 2013; 7 – стоматоциста 156, Zeeb, Smol, 1993; 8 – стоматоциста 116, Zeeb et al., 1990 (форма В); 9 – стоматоциста 116, Zeeb et al., 1990 (форма А). Масштабная линейка: 1 – 5 мкм; 2–9 – 2 мкм.

Fig. 1. Stomatocysts (SEM). 1 – stomatocyst 110, Pang, Wang, 2017; 2 – stomatocyst 49, Duff, Smol, 1991, emend. Zeeb, Smol, 1993; 3 – stomatocyst 10, Cabała J. in Wołowski et al., 2004; 4, 5 – stomatocyst 33, Pang, Wang, 2014; 6 – stomatocyst 11, Pang, Wang, 2013; 7 – stomatocyst 156, Zeeb, Smol, 1993; 8 – stomatocyst 116, Zeeb et al., 1990 (forma B); 9 – stomatocyst 116, Zeeb et al., 1990 (forma A). Scale bars: 1 – 5 μm; 2–9 – 2 μm.

Описание: стоматоциста сферическая, 15.8–18 мкм в диам. Пора закрыта закругленной кремниевой пробочкой, 3.5–4 мкм в диам. Воротничок цилиндрический, 7.6–9 мкм в диам. и около 1 мкм выс., с закругленным апексом и постепенным наклоном внутреннего края, который может переходить в плоский аннулус. Поверхность стоматоцисты гладкая или шероховатая.

Примечание: сходна со стоматоцистой 241 Duff et al. 1995, но в два раза крупнее и без ретикуляции (Duff et al., 1995); от стоматоцисты 310 Brown et al., 1997 отличается более высоким воротничком и выпуклой пробочкой.

Локализация: пробы № 3, № 4.

Распространение: США (Sandgren, Carney, 1983), Канада (Zeeb et al., 1990; Duff, Smol, 1994),

о. Шпицберген (Betts–Piper et al., 2004), Центральная Европа (Huber et al., 2009; Wolowski, 2013). В России отмечена в водоемах ООПТ “Вепсский лес” и в Ладожском озере (Voloshko, 2017).

Экология: в палеолимнологических исследованиях стоматоциста 112 ассоциируется с олиготрофными условиями (Zeeb et al., 1990).

5. Стоматоциста 116, Zeeb et al., 1990. Рис. 1.9 (форма А), 1.8 (форма В).

Видовая принадлежность: неизвестна.

Описание: стоматоциста сферическая, либо широкоовальная, 11.2–11.6 мкм в диам. Воротничок цилиндрический, 2.5–2.8 мкм в диам., с четким внутренним и внешним краями, при основа-

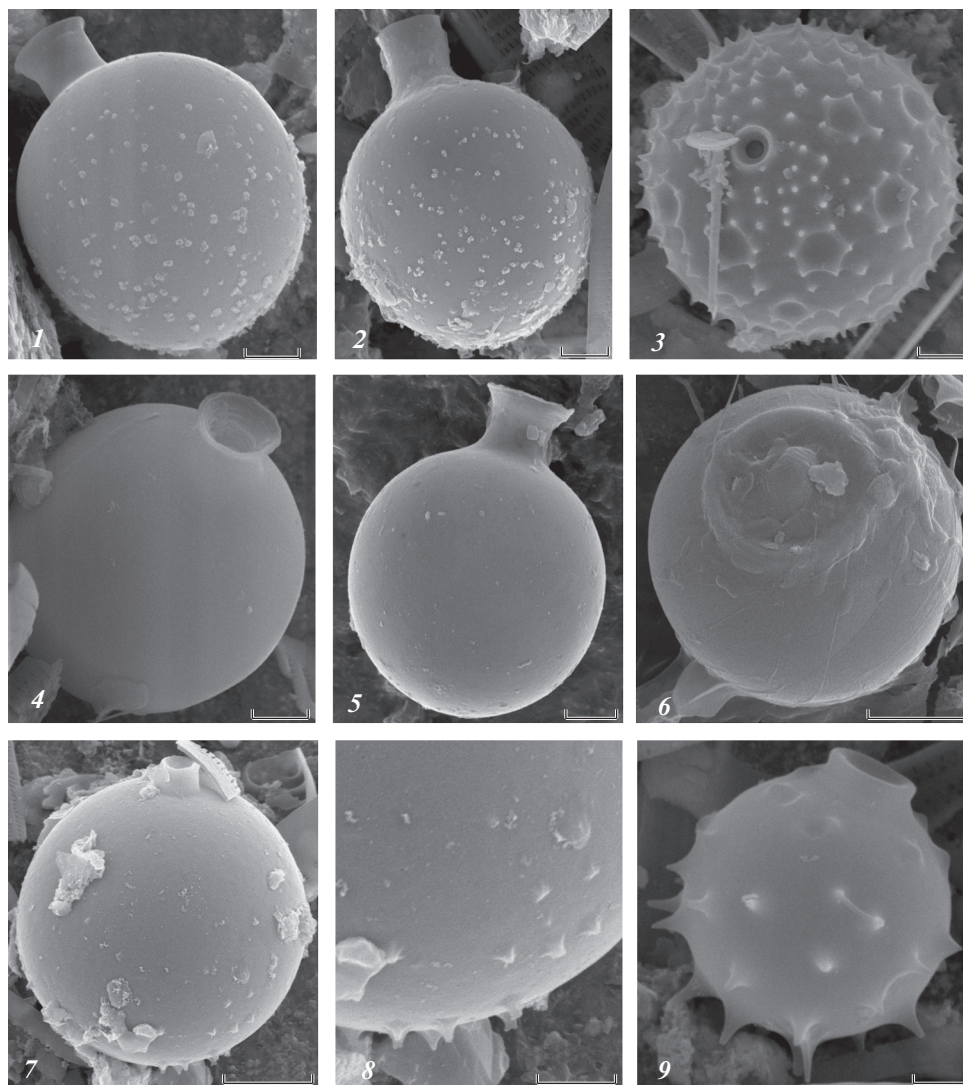


Рис. 2. Стоматоцисты (СЭМ). 1, 2 – стоматоциста 79, Duff, Smol, 1991; 3 – стоматоциста 171, Zeeb, Smol, 1993; 4, 5 – стоматоциста 120, Pang, Wang, 2017; 6 – стоматоциста 112, Zeeb et al., 1990, emend. Duff, Smol, 1994; 7, 8 – стоматоциста 1, Shadrina, Safronova, в этой работе; 9 – стоматоциста 2, Shadrina, Safronova, в этой работе. Масштабная линейка: 1–3, 5, 8 – 2 мкм; 4, 9 – 1 мкм; 6, 7 – 5 мкм.

Fig. 2. Stomatocysts (SEM). 1, 2 – stomatocyst 79, Duff, Smol, 1991; 3 – stomatocyst 171, Zeeb, Smol, 1993; 4, 5 – stomatocyst 120, Pang, Wang, 2017; 6 – stomatocyst 112, Zeeb et al., 1990, emend. Duff, Smol, 1994; 7, 8 – stomatocyst 1, Shadrina, Safronova, nov.; 9 – stomatocyst 2, Shadrina, Safronova, nov. Scale bars: 1–3, 5, 8 – 2 μ m; 4, 9 – 1 μ m; 6, 7 – 5 μ m.

нии с постепенным закруглением. Высота воротничка всегда меньше или равна его диаметру. Воротничок гладкий, никогда не бывает бороздчатым. Поверхность стоматоцисты гладкая или микротекстурированная.

Различаются две формы, которые дифференцируются по высоте воротничка.

Forma A. Рис. 1.9

Воротничок меньше 1 мкм.

Локализация: проба № 3.

Forma B. Рис. 1.8

Высота воротничка варьирует от 2.0 до 2.2 мкм.

Локализация: проба № 5.

Распространение: Канада (Zeeb et al., 1990, 1994; Duff, Smol, 1994; Zeeb, 1994; Wilkinson et al., 1997; Wilkinson, Smol, 1998; Wilkinson et al., 2001), США (Zeeb, Smol, 1993; Stewart et al., 2000), Центральная Европа (Facher, Schmidt, 1996; Wolowski, Cabala, 2004; Huber et al., 2009), Восточная Европа (Soroczki-Pinter et al., 2014), о. Шпицберген (Betts-Piper, 2004). В России отмечена на территории Северо-Западной Сибири (Gilbert et al., 1997) и в Финском заливе (Shadrina, 2019).

Экология: возможно, стоматоциста 116 продуцируется алкалофильным видом, толерантным к

высокой электропроводности (Duff, 1994; Wilkinson, Smol, 1998). Отмечено, что стоматоциста 116 может быть индикатором мезотрофных условий (Rybak et al., 1987; Zeeb et al., 1990, 1994; Zeeb, Smol, 1993).

6. Стоматоциста 120 Pang, Wang, 2017. Рис. 2.4, 2.5

Видовая принадлежность: неизвестна.

Описание: стоматоциста обратнойцевидная, 9.1–9.7 мкм × 9.7–10.3 мкм. Воротничок высокий, обратноконический, апикальный диам. 2.9–3.4 мкм, базальный диам. 2.4–2.9 мкм, выс. 2.3–2.8 мкм, внутренний край со спиральными бороздками. Поверхность стоматоцисты гладкая.

Локализация: пробы № 4, № 5.

Распространение: Китай (Pang, Wang, 2017). В Европе и России отмечена впервые.

Экология: в сфагновых и осоковых болотах при pH = 5.6–6.0 и температуре воды 10°C.

7. Стоматоциста 156, Zeeb, Smol, 1993. Рис. 1.7

Видовая принадлежность: *Chrysosphaerella coronacircumspina* Wjuek et Kristiansen (Firsova et al., 2017).

Описание: стоматоциста слегка приплюснутая, 9.5–10.3 мкм × 8–9.2 мкм. Пора, 0.67–1 мкм в диам., окружена широким аннулюсом, 2.5–2.8 мкм в диам. Воротничок коротко-конический, 3–3.2 мкм в диам., 0.3–0.5 мкм выс., асимметричный в поперечном сечении, внешний край выпуклый, внутренний – почти вертикальный. Вершина воротничка широкоокруглая. Поверхность стоматоцисты гладкая или микротекстурированная.

Местонахождение: пробы № 1, № 5.

Примечание: вид был обнаружен не только на стадии цисты, но и на стадии вегетативных клеток.

Распространение: США (Sandgren, Carney, 1983 как циста 10; Zeeb, Smol, 1993; Duff, Smol, 1994; Zeeb, 1994; Duff, Smol, 1995). В России отмечена в озере Байкал (Firsova et al., 2017).

Экология: литературные сведения отсутствуют, в исследованных водоемах встречалась при pH = 7.2–8.0, температуре 16.5–21.5°C и удельной электропроводности воды 461–532 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

II. Орнаментированные стоматоцисты

8. Стоматоциста 1, Шадрина, Сафронова, описана впервые. Рис. 2.7, 2.8

Видовая принадлежность: неизвестна.

Номер изображения: 1430.

Описание: стоматоциста сферическая, крупная, 14.8–16.5 мкм в диам. Воротничок конический, узкий, 2.2–2.8 мкм в диам., 1.75 мкм выс. Задняя поверхность стоматоцисты орнаментирована многочисленными шипами с острой верши-

ной или раздваивающимися концами, базальный диам. 0.34–0.89 мкм, выс. 0.2–0.9 мкм.

Местонахождение: пробы № 3, № 4.

Примечание: стоматоциста описана впервые, имеет сходство со стоматоцистой 128 Duff, Smol, 1994 emend. Wilkinson, Smol 2001, но отличается формой воротничка и типом орнаментации поверхности.

Экология: в водоемах при pH = 7.5–8.0, температуре 14.8–22.5°C и удельной электропроводности воды 466–510 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Stomatocyst 1, Shadrina, Safronova, nov. Fig. 2.7, 2.8

Biological affinity: unknown.

Image number: 1430.

Description: This is a large spherical stomatocyst, 14.8–16.5 μm diam. It has a high conical, narrow collar, diam. 2.2–2.8 μm , height 1.75 μm . Posterior hemisphere is ornamented with numerous echinate or bifurcating spines, basal diam. 0.34–0.89 μm , height 0.2–0.9 μm .

Locality: samples № 3, № 4.

References: This stomatocyst is distinguished from stomatocyst 128 Duff, Smol, 1994 emend. Wilkinson, Smol 2001 on the basis of morphology of collar and ornamentation of cyst body.

Ecology: ponds, pH = 7.5–8.0, temperature 14.8–22.5°C and specific conductivity of water 466–510 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

9. Стоматоциста 2, Шадрина, Сафронова, описана впервые. Рис. 2.9

Видовая принадлежность: неизвестна.

Номер изображения: 1593.

Описание: стоматоциста сферическая, 5–5.2 мкм в диам. Воротничок низкий, широкий, слегка обратноконический, 1.9 мкм в диам., 0.34 мкм выс., с округлым краем. Поверхность передней части стоматоцисты орнаментирована короткими низкими лунообразными гребнями, дл. 0.5–1.1 мкм, выс. 0.2–0.4 мкм. Задняя и экваториальная части – многочисленными остроконечными шипами разной высоты, 0.4–0.9 мкм.

Местонахождение: проба № 5.

Экология: в водоемах при pH = 7.6–8.0, температуре 16.5°C и удельной электропроводности воды 461 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Stomatocyst 2, Shadrina, Safronova, nov. Fig. 2.9

Biological affinity: unknown.

Image number: 1593.

Description: This is a small spherical stomatocyst, 5–5.2 μm diam. It has a low, wide obconical collar, diam. 1.9 μm , height 0.34 μm , with a rounded apex. Short, low lunate ridges are located in the anterior hemisphere, or slightly subequatorially, ridge length 0.5–1.1 μm ; ridge height 0.2–0.4 μm . Numerous

conula, length 0.4–0.9 μm , are located in the posterior hemisphere, or slightly supraequatorially.

Locality: sample № 5.

Ecology: pond, pH = 7.6–8.0, temperature 16.5°C and specific conductivity of water 461 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

10. Стоматоциста 10, Cabała J. in Wołowski et al. 2004. Рис. 1.3

Видовая принадлежность: неизвестна.

Описание: стоматоциста сферическая, 12.8–13.6 мкм в диам. Воротничок широкий и конический, выс. 1.9–2.9 мкм, апикальный диам. 2.9–3 мкм, базальный диам. 3.8–5.1 мкм. Поверхность стоматоцисты орнаментирована коническими шипами, диам. 0.7–1.5 мкм, выс. 0.45–1.1 мкм.

Местонахождение: проба № 3.

Распространение: Польша (Wołowski et al. 2004; Piątek, 2007). В России отмечена впервые.

Экология: в водоемах при pH = 6.2–7.7 и температуре воды 8–24°C.

11. Стоматоциста 79, Duff, Smol, 1991. Рис. 2.1, 2.2

Видовая принадлежность: согласно Duff с соавторами (Duff et al., 1995) эта циста, вероятно, формируется *Dinobryon sociale* var. *americanum* (Brunthaler) H. Bachm.

Описание: стоматоциста сферическая, 9.3–12.4 мкм в диам. Воротничок длинный, обратно-конический, диам. 2.2–3.6 мкм, выс. 1.6–3.3 мкм, вершина воротничка может быть сильно расширена. Край и внутренняя поверхность воротничка радиально исчерчены, на внешней стороне может присутствовать орнаментация. Поверхность цисты изменчива, покрыта беспорядочно разбросанными выступами, обычно нерегулярными бугорками, 0.1–0.7 мкм в диам., иногда низкими, тонкими, палочковидными шипами с расширенными верхушками.

Локализация: пробы № 2, № 3, № 4, № 5.

Распространение: США (Smol, 1988a; Duff, Smol, 1991; Duff et al., 1995), Канада (Duff, Smol, 1994; Zeeb, 1994), Китай (Pang, Wang, 2014). В России отмечена в р. Лена (Gilbert et al, 1997).

Экология: в озерах, ручьях, прудах при pH = 8.0–8.6 и температуре воды 0–8°C (Pang, Wang, 2017).

12. Стоматоциста 110, Pang, Wang, 2017. Рис. 1.1

Видовая принадлежность: неизвестна.

Описание: стоматоциста овальная или сферическая, 16.8 мкм в диам. Пора правильная, 1.7 мкм в диам. Воротничок низкий, конический, апикальный диам. 2.0–2.3 мкм, базальный диам. 3.5–4.5 мкм, выс. 0.45–0.5 мкм. Поверхность цисты шероховатая с нерегулярными и неглубокими вмятинами.

Примечание: сходна с стоматоцистой 49 Duff, Smol emend. Zeeb, Smol, 1993, однако отличается

от нее большим размером, шероховатой поверхностью и наличием воротничка.

Локализация: пробы № 1, № 5.

Распространение: Китай (Pang, Wang, 2017). В Европе и России отмечена впервые.

Экология: в прудах и осоковых болотах, при pH = 5.4–6.9 и температуре воды 18–24°C.

13. Стоматоциста 171, Zeeb et Smol, 1993. Рис. 2.3

Видовая принадлежность: неизвестна.

Описание: стоматоциста сферическая, крупная, 13.1–13.8 мкм в диам. Пора правильная, 0.73 мкм в диам., окружена плоским аннулюсом. Воротничок низкий, 1.64–1.82 мкм в диам., от цилиндрического до конического с наклонным внутренним краем. Поверхность цисты орнаментирована острыми шипами, расположенными случайным образом, либо собирающимися в кольцо вокруг округлых углублений, 1.54–2.7 мкм в диам. Шипы, расположенные вокруг углублений, часто соединяются низкими гребнями.

Местонахождение: проба № 5.

Распространение: Канада (Rybak et al., 1987, as cysta 25; Rybak et al., 1991, as cysta 53; Duff, Smol, 1994; Zeeb, 1994; Brown, 1997), США (Zeeb, Smol, 1993), Дания (Nygaard, 1956, as cysta polygonata Nygaard), Польша (Rybak, 1986, as cysta polygonata), Испания (Pla, 2001), Австрия (Huber, 2009), Китай (Pang, Wang, 2017) и Африка (Piątek, 2017). В России отмечена в р. Лена (Gilbert, 1997), р. Верхняя Ангара (Firsova et al., 2018).

Экология: pH-индифферент (Rybak et al., 1991).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлено 13 морфотипов стоматоцист золотистых водорослей, 7 из которых относятся к группе неорнаментированных, 6 – обладают сложной структурой поверхности. Четыре выявленных морфотипа соответствовали стоматоцистам конкретных таксонов: *Chryso-sphaerella coronacircumspina*, *Chryso-sphaerella longispina*, *Dinobryon sociale* var. *americanum*, *Ochromonas globosa*. Из них лишь один вид, *Chryso-sphaerella coronacircumspina*, был обнаружен не только на стадии стоматоцисты, но и на стадии вегетации. Для 11 цист определен номер морфотипа, 2 цисты описаны впервые для науки. Пять морфотипов стоматоцист впервые указываются для водоемов России, четыре – впервые обнаружены в Европе. Полученные данные служат дополнительным критерием оценки таксономического разнообразия золотистых водорослей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана программой “Региональные таксономические и флористические исследования водорослей морских и континентальных водоемов”, регистрационный номер: АААА-А18-118030790036-0. Авторы выражают благодарность Л.А. Карцевой. Электронные микрофотографии были получены на оборудовании ЦКП “Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов” Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Betts-Piper A.M., Zeeb B.A., Smol J.P. 2004. Distribution and autecology of chrysophyte cysts from high Arctic Svalbard lakes: preliminary evidence of recent environmental change. — *J. Paleolimnol.* 31: 467–481.
<https://doi.org/10.1023/B:JOPL.0000022546.21996.41>
- Brown K.M., Zeeb B.A., Smol J.P., Pienitz R. 1997. Taxonomic and ecological characterization of chrysophyte stomatocysts from northwestern Canada. — *Can. J. Bot.* 75: 842–863.
<https://doi.org/10.1139/b97-094>
- Cabała J. 2002. Chrysophyceae stomatocysts from Budzyń Peat Bog (Kraków–Częstochowa Upland, Poland). — *Polish Botanical Journal.* 47 (1): 21–35.
- Coradeghini A., Vigna M.S. 2001. Flora de quistes crisofíceos fósiles en sedimentos recientes de Mallín Book, Río Negro (Argentina). — *Revista Esp. Micropaleont.* 33 (470): 163–181.
- Cronberg G., Sandgren C.D. 1986. A proposal for the development of standardized nomenclature and terminology for chrysophycean statospores. *Chrysophytes: aspects and problems.* Cambridge. 352 p.
- Duff K.E., Smol J.P. 1991. Morphological descriptions and stratigraphic distributions of the chrysophycean stomatocysts from a recently acidified lake (Adirondak Park, N. Y.). — *J. Paleolimnol.* 5: 73–113.
<https://doi.org/10.1007/BF00226558>
- Duff K.E., Smol J.P. 1994. Chrysophycean stomatocyst flora from British Columbia (Canada) lakes. — *Nova Hedwigia.* 58: 353–389.
- Duff K.E., Zeeb B.A., Smol J.P. 1995. Atlas of Chrysophycean cysts. *Developments in Hydrobiology* 99. Dordrecht, Netherlands. 189 p.
<https://doi.org/10.1007/978-94-017-0809-8>
- Gilbert S., Zeeb B.A., Smol J.P. 1997. Chrysophyte stomatocyst flora from a forest peat core in the Lena River Region, northeastern Siberia. — *Nova Hedwigia.* 64: 311–352.
- Facher E., Schmidt R. 1996. A siliceous chrysophycean cyst based pH transfer function for Central European Lakes. — *J. Paleolimnol.* 16: 275–321.
<https://doi.org/10.1007/BF00207575>
- [Firsova et al.] Фирсова А.Д., Бессудова А.Ю., Лихошвай Е.В. 2017. Новые данные о стоматоцистах хризофитовых из озера Байкал. — *Acta Biologica Sibirica.* 3 (4): 113–122.
<https://doi.org/10.14258/abs.v3i4.3637>
- [Firsova et al.] Фирсова А.Д., Бессудова А.Ю., Лихошвай Е.В. 2018. Стоматоцисты хризофитовых в при-
токах северной оконечности озера Байкал. — *Acta Biologica Sibirica.* 4 (4): 25–44.
<https://doi.org/10.14258/abs.v3i4.3637>
- Huber K., Kamenik C., Weckstrom K., Schmidt R. 2009. Taxonomy, stratigraphy, and palaeoecology of chrysophyte cysts from a Late Glacial sediment core section of Längsee, Austria. — *Nova Hedwigia.* 89 (1–2): 245–261.
<https://doi.org/10.1127/0029-5035/2009/0089-0245>
- Kamenik C., Schmidt R., Koinig K.A., Agustí-Panareda A., Thompson R., Psenner R. 2001. The chrysophyte stomatocyst composition in a high alpine lake (Gossenköllesee, Qrol, Austria) in relation to seasonality, temperature and land-use. — *Nova Hedwigia. Beiheft.* 122: 1–22.
- Nygaard G. 1956. Ancient and recent flora of diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribso. — In: *Studies on the Humic, Acid Lake Gribso*, ed. K. Berg, I. Clemans. *Folia Limnol Scand.* 8: 32–93.
- Nygaard G. 1977. Vertical and seasonal distribution of some motile freshwater algae in relation to some environmental factors. — *Algolog. Studies.* 18: 67–76.
- Pang W., Wang Q. 2013. Chrysophycean stomatocysts from the Stone Ponds in the Aershan National Geological Park, China. — *Nova Hedwigia. Beiheft.* 142: 1–17.
- Pang W., Wang Q. 2014. Chrysophycean stomatocysts from the Aershan Geological Park (Inner Mongolia), China. — *Phytotaxa.* 187 (1): 1–92.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.187.1.1>
- Pang W., Wang Q. 2017. Chrysophycean stomatocysts from the Da Hinggan Mountains. *Science Press, Beijing (In Chinese).* 253 p.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.288.1.4>
- Piątek J. 2005. New and rare chrysophycean stomatocysts from the bryophyte spring in the Tatra National Park, Poland. — *Polish Botanical Journal.* 50 (2): 107–116.
- Piątek J., Piątek M. 2005. Chrysophyte stomatocysts of the sulphuric salt marsh in the Owczary Reserve (Central Poland). — *Polish Botanical Journal.* 50 (1): 97–106.
- Piątek J. 2007. Chrysophyte stomatocysts from sediments in a man-made water reservoir in central Poland. — *Ann. Bot. Fennici.* 44: 186–193.
- Piątek J. 2017. A morphotype-rich assemblage of chrysophycean stomatocysts in mountain lakes in the Cameroon Highlands, Africa. — *Cryptogamie, Algologie.* 38 (2): 1–22.
<https://doi.org/10.7872/crya/v38.iss2.2017.159>
- Pla S. 2001. Chrysophycean cysts from the Pyrenees. *Biblioteka Phycologica.* 109: 237 p.
- Rybak M. 1987. Fossil chrysophycean cyst flora of Racze Lake, Wolin Island (Poland) in relation to paleoenvironmental conditions. — *Hydrobiologia.* 150: 257–272.
<https://doi.org/10.1007/BF00008707>
- Rybak M., Rybak I., Nicholls K. 1991. Sedimentary chrysophyte cyst assemblages as paleoindicators in acid sensitive lakes. — *J. Paleolimnol.* 5: 19–72.
<https://doi.org/10.1007/BF0022655>

- [Safronova et al.] Сафронова Т.В., Шадрина С.Н., Волошко Л.Н. 2017. Разнообразие золотистых водорослей (Chrysophyceae, Synurophyceae) в водоемах Петергофа. — Мат. ежегодной молодежной экологической Школы-конференции в усадьбе “Сергиевка”. СПб. С. 57–62.
- [Safronova] Сафронова Т.В. 2019. Золотистые водоросли (Chrysophyceae, Synurophyceae) особо охраняемых природных территорий Ленинградской области и г. Санкт-Петербурга: Дис. ... канд. биол. наук. СПб. 204 с.
- Sandgren C.D. 1989. SEM investigations of statospore (stomatocyst) development in diverse members of the Chrysophyceae and Synurophyceae. — *Beih. Nova-Hedwigia*. 95: 45–69.
- [Shadrina] Шадрина С.Н. 2019. Разнообразие стоматоцист золотистых водорослей (Chrysophyta) Финского залива Балтийского моря. — *Бот. журн.* 104 (5): 684–698.
<https://doi.org/10.1134/S0006813619050120>
- Soroczki-Pinter E., Sergipla-Rabes, Magyari E.K., Stenger-Kovacs C., Buczko K. 2014. Late quaternary chrysophycean stomatocysts in a Southern Carpathian mountain lake, including the description of new forms (Romania). — *Phytotaxa*. 170 (3): 169–186.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.170.3.3>
- Stewart K., Gregory-Eaves I., Zeeb B.A., Smol J.P. 2000. Covariation among Alaskan chrysophyte stomatocyst assemblages and environmental gradients: A comparison with diatom assemblages. — *Nord. J. Bot.* 20: 357–368.
<https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2000.tb00750.x>
- Vijver B.V., Beyens L. 1997. The Chrysophyte stomatocyst flora of the moss vegetation from Strenness Bay Area, South Georgia. — *Archiv Fur Protistenkunde Protistenkunde : Protozoen, Algen, Pilze*. 148: 505–520.
[https://doi.org/10.1016/S0003-9365\(97\)80026-7](https://doi.org/10.1016/S0003-9365(97)80026-7)
- Vijver B.V., Beyens L. 2000. Chrysophycean stomatocysts from freshwater habitats of the Stromness Bay area, South Georgia, Antarctica. — *Can. J. Bot.* 78: 88–97.
- [Voloshko] Волошко Л.Н. 2016. Золотистые водоросли (Chrysophyta) водоемов Северо-Запада России. Разнообразие стоматоцист. — *Бот. журн.* 101 (11): 1257–1281.
- [Voloshko] Волошко Л.Н. 2017. Золотистые водоросли севера России. СПб. 380 с.
- Wilkinson A.N., Zeeb B.A., Smol J.P., Douglas M.S.V. 1997. Chrysophyte stomatocyst assemblages associated with periphytic high arctic pond environments. — *Nord. J. Bot.* 17 (1): 95–112.
<https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1997.tb00293.x>
- Wilkinson A.N., Smol J.P. 1998. Chrysophycean stomatocyst flora from south-central Ontario lakes. — *Can. J. Bot.* 76: 836–862.
<https://doi.org/10.1139/b98-052>
- Wilkinson A.N., Zeeb B.A., Smol J.P. 2001. Atlas of chrysophycean cysts. Volume II. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 169 p.
<https://doi.org/10.1007/978-94-017-0811-1>
- Wołoski K., Cabała J., Zeeb B.A. 2004. Chrysophycean stomatocysts from a karstic sinkhole in the vicinity of Staszów on the Małopolska Upland, Poland. — *Can. J. Bot.* 82: 1330–1337.
<https://doi.org/10.1139/b04-089>
- Wołoski K., Piątek J., Płachno B.J. 2013. Chrysophycean stomatocysts associated with the carnivorous plants (genus *Utricularia*) from Jeleniak Mikuliny Nature Reserve. — *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*. 42 (4): 398–405.
<https://doi.org/10.2478/s13545-013-0095-6>
- Zeeb B.A., Duff K.E., Smol J.P. 1990. Morphological descriptions and stratigraphic profiles of chrysophycean stomatocysts from the recent sediments of Little Round Lake, Ontario. — *Nova Hedwigia*. 51: 361–380.
- Zeeb B.A., Smol J.P. 1993. Chrysophycean stomatocyst flora from Elk Lake, Clearwater County, Minnesota. — *Can. J. Bot.* 71: 737–756.
<https://doi.org/10.1139/b93-086>
- Zeeb B.A., Christie C.E., Smol J.P., Findly D.L., Kling H.J., Briks H.J.B. 1994. Responses of diatom and chrysophyte assemblage in Lake 227 to experimental eutrophication. — *Canad. J. Fish. Aquatic Sci.* 51: 2300–2311.
<https://doi.org/10.1139/f94-233>
- Zeeb B.A., Smol J.P., Vanlandingham S.L. 1996. Pliocene chrysophycean stomatocysts from the Sonoma volcanics, Napa County, California. — *Micropaleontol.* 42: 79–91.
<https://doi.org/10.2307/1485985>

CHRYSOPHYCEAN STOMATOCYSTS (CHRYSOPHYTA) IN THE ALGAL FLORA OF THE PETERHOF PARKS

S. N. Shadrina^{a,#} and T. V. Safronova^a

^a Komarov Botanical Institute of RAS
Prof. Popova Str., 2, St. Petersburg, 197376, Russia

[#]e-mail: wertexy@yandex.ru

Chrysophycean stomatocysts diversity was investigated in samples collected from freshwater ponds and canals of the Lugovoy Park (Saint-Petersburg, Peterhof) using scanning electron microscopy (SEM). In total, 13 stomatocyst morphotypes were identified. Two morphotypes are described as novel, four types are reported for the first time in Europe, and five are new to Russia. These different cyst morphotypes (unornamented and ornamented stomatocysts) are described following International Statospore Working Group guidelines.

Keywords: Chrysophyceae, stomatocysts, new morphotypes, taxonomy, distribution, ecology

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was carried out within the program “Regional taxonomic and floristic studies of algae in marine and continental reservoirs” (AAAA-A18-118030790036-0). SEM micrographs were created in close collaboration with L.A. Kartseva on the equipment of the Core Facilities Center “Cell and Molecular Technologies in Plant Science” at the Komarov Botanical Institute RAS (St. Petersburg, Russia).

REFERENCES

- 25–44 (In Russ.).
<https://doi.org/10.14258/abs.v4i3.4411>
- Huber K., Kamenik C., Weckstrom K., Schmidt R. 2009. Taxonomy, stratigraphy, and palaeoecology of chrysophyte cysts from a Late Glacial sediment core section of Längsee, Austria. — *Nova Hedwigia*. 89 (1–2): 245–261.
<https://doi.org/10.1127/0029-5035/2009/0089-0245>
- Kamenik C., Schmidt R., Koinig K.A., Agustí-Panareda A., Thompson R., Psenner R. 2001. The chrysophyte stomatocyst composition in a high alpine lake (Gossenköllesee, Qrol, Austria) in relation to seasonality, temperature and landuse. — *Nova Hedwigia*. Beiheft. 122: 1–22.
- Nygaard G. 1956. Ancient and recent flora of diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribso. — In: *Studies on the Humic, Acid Lake Gribso*, ed. K. Berg, I. Clemans. *Folia Limnol Scand*. 8: 32–93.
- Nygaard G. 1977. Vertical and seasonal distribution of some motile freshwater algae in relation to some environmental factors. — *Algolog. Studies*. 18: 67–76.
- Pang W., Wang Q. 2013. Chrysophycean stomatocysts from the Stone Ponds in the Aershan National Geological Park, China. — *Nova Hedwigia*. Beiheft. 142: 1–17.
- Pang W., Wang Q. 2014. Chrysophycean stomatocysts from the Aershan Geological Park (Inner Mongolia), China. — *Phytotaxa*. 187 (1): 1–92.
<http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.187.1.1>
- Pang W., Wang Q. 2017. Chrysophycean stomatocysts from the Da Hinggan Mountains. Science Press, Beijing, (In Chinese). 253 p.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.288.1.4>
- Piątek J. 2005. New and rare chrysophycean stomatocysts from the bryophyte spring in the Tatra National Park, Poland. — *Polish Botanical Journal*. 50 (2): 107–116.
- Piątek J., Piątek M. 2005. Chrysophyte stomatocysts of the sulphuric salt marsh in the Owczary Reserve (Central Poland). — *Polish Botanical Journal*. 50 (1): 97–106.
- Piątek J. 2007. Chrysophyte stomatocysts from sediments in a man-made water reservoir in central Poland. — *Ann. Bot. Fennici*. 44: 186–193.
- Piątek J. 2017. A morphotype-rich assemblage of chrysophycean stomatocysts in mountain lakes in the Cameroon Highlands, Africa. — *Cryptogamie, Algologie*. 38 (2): 1–22.
<https://doi.org/10.7872/crya/v38.iss2.2017.159>
- Pla S. 2001. Chrysophycean cysts from the Pyrenees. *Biblioteka Phycologica*. 109. 237 p.
- Rybak M. 1987. Fossil chrysophycean cyst flora of Racze Lake, Wolin Island (Poland) in relation to paleoenvironmental conditions. — *Hydrobiologia*. 150: 257–272.
<https://doi.org/10.1007/BF00008707>
- Rybak M., Rybak I., Nicholls K. 1991. Sedimentary chrysophyte cyst assemblages as paleoindicators in acid sensitive lakes. — *J. Paleolimnol*. 5: 19–72.
<https://doi.org/10.1007/BF0022655>
- Safronova T.V., Shadrina S.N., Voloshko L.N. 2017. Raznoobrazie zolotistyh vodorosley (Chrysophyceae, Synurophyceae) v vodoemah Petergofa [Diversity of Golden algae (Chrysophyceae, Synurophyceae) in the waterbodies of Peterhof]. — In: *The proceedings of the*
- Betts-Piper A.M., Zeeb B.A., Smol J.P. 2004. Distribution and autecology of chrysophyte cysts from high Arctic Svalbard lakes: preliminary evidence of recent environmental change. — *J. Paleolimnol*. 31: 467–481.
<https://doi.org/10.1023/B:JOPL.0000022546.21996.41>
- Brown K.M., Zeeb B.A., Smol J.P., Pienitz R. 1997. Taxonomic and ecological characterization of chrysophyte stomatocysts from northwestern Canada. — *Can. J. Bot*. 75: 842–863.
<https://doi.org/10.1139/b97-094>
- Cabała J. 2002. Chrysophyceae stomatocysts from Budzyń Peat Bog (Kraków – Częstochowa Upland, Poland). — *Polish Botanical Journal*. 47 (1): 21–35.
- Coradeghini A., Vigna M.S. 2001. Flora de quistes crisofíceos fósiles en sedimentos recientes de Mallín Book, Río Negro (Argentina). — *Revista Esp. Micropaleont*. 33 (470): 163–181.
- Cronberg G., Sandgren C.D. 1986. A proposal for the development of standardized nomenclature and terminology for chrysophycean statospores. *Chrysophytes: aspects and problems*. Cambridge. P. 317–328.
- Duff K.E., Smol J.P. 1991. Morphological descriptions and stratigraphic distributions of the chrysophycean stomatocysts from a recently acidified lake (Adirondak Park, N. Y.). — *J. Paleolimnol*. 5: 73–113.
<https://doi.org/10.1007/BF00226558>
- Duff K.E., Smol J.P. 1994. Chrysophycean stomatocyst flora from British Columbia (Canada) lakes. — *Nova Hedwigia*. 58: 353–389.
- Duff K.E., Zeeb B.A., Smol J.P. 1995. Atlas of Chrysophycean cysts. *Developments in Hydrobiology* 99. Dordrecht, Netherlands. 189 p.
<https://doi.org/10.1007/978-94-017-0809-8>
- Gilbert S., Zeeb B.A., Smol J.P. 1997. Chrysophyte stomatocyst flora from a forest peat core in the Lena River Region, northeastern Siberia. — *Nova Hedwigia*. 64: 311–352.
- Facher E., Schmidt R. 1996. A siliceous chrysophycean cyst based pH transfer function for Central European Lakes. — *J. Paleolimnol*. 16: 275–321.
<https://doi.org/10.1007/BF00207575>
- Firsova A.D., Bessudova A.Y., Likhoshway Y.V. 2017. New data of chrysophycean stomatocysts from Lake Baikal. — *Acta Biologica Sibirica*. 3 (4): 113–122 (In Russ.).
<https://doi.org/10.14258/abs.v3i4.3637>
- Firsova A.D., Bessudova A.Y., Likhoshway Y.V. 2018. Chrysophycean stomatocysts in tributaries of northern limit of Lake Baikal. — *Acta Biologica Sibirica*. 4 (4):

- annual youth environmental conference in the manor "Sergeevka". St. Petersburg. P. 57–62 (In Russ.).
- Safronova T.V. 2019. Zolotistye vodorosli (Chrysophyceae, Synurophyceae) osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriy Leningradskoy oblasti I Sankt-Peterburga [Chrysophytes (Chrysophyceae, Synurophyceae) in the waterbodies of protected areas of the Leningrad Region and Saint Petersburg]: Diss. ... Kand. Sci. St. Petersburg. 204 p. (In Russ.).
- Sandgren C.D. 1989. SEM investigations of statospore (stomatocyst) development in diverse members of the Chrysophyceae and Synurophyceae. – *Beih. Nova Hedwigia*. 95: 45–69.
- Shadrina S.N. 2019. Diversity of chrysophycean (Chrysophyta) stomatocysts in the gulf of Finland, Baltic sea. – *Botanicheskii zhurnal*. 104 (5): 684–698 (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0006813619050120>
- Soroczki-Pinter E., Sergipla-Rabes, Magyari E.K., Stenger-Kovacs C., Buczko K. 2014. Late quaternary chrysophycean stomatocysts in a Southern Carpathian mountain lake, including the description of new forms (Romania). – *Phytotaxa*. 170 (3): 169–186. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.170.3.3>
- Stewart K., Gregory-Eaves I., Zeeb B.A., Smol J.P. 2000. Covariation among Alaskan chrysophyte stomatocyst assemblages and environmental gradients: A comparison with diatom assemblages. – *Nord. J. Bot.* 20: 357–368. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2000.tb00750.x>
- Vijver B.V., Beyens L. 1997. The Chrysophyte stomatocyst flora of the moss vegetation from Strømness Bay Area, South Georgia. – *Archiv Fur Protistenkunde Protistenkunde?: Protozoen, Algen, Pilze*. 148: 505–520. [https://doi.org/10.1016/S0003-9365\(97\)80026-7](https://doi.org/10.1016/S0003-9365(97)80026-7)
- Vijver B.V., Beyens L. 2000. Chrysophycean stomatocysts from freshwater habitats of the Strømness Bay area, South Georgia, Antarctica. – *Can. J. Bot.* 78: 88–97.
- Voloshko L.N. 2016. Chrysophycean algae (Chrysophyta) in waterbodies of the northwestern Russia. Diversity of stomatocysts. – *Botanicheskii zhurnal*. 101 (11): 1257–1281 (In Russ.).
- Voloshko L.N. 2017. Chrysophycean algae of northern Russia. St. Petersburg. 380 p. (In Russ.).
- Wilkinson A.N., Zeeb B.A., Smol J.P., Douglas M.S.V. 1997. Chrysophyte stomatocyst assemblages associated with periphytic high arctic pond environments. – *Nord. J. Bot.* 17 (1): 95–112. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1997.tb00293.x>
- Wilkinson A.N., Smol J.P. 1998. Chrysophycean stomatocyst flora from south–central Ontario lakes. – *Can. J. Bot.* 76: 836–862. <https://doi.org/10.1139/b98-052>
- Wilkinson A.N., Zeeb B.A., Smol J.P. 2001. Atlas of chrysophycean cysts. Volume II. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 169 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0811-1>
- Wołowski K., Cabała J., Zeeb B.A. 2004. Chrysophycean stomatocysts from a karstic sinkhole in the vicinity of Staszów on the Małopolska Upland, Poland. – *Can. J. Bot.* 82: 1330–1337. <https://doi.org/10.1139/b04-089>
- Wołowski K., Piątek J., Płachno B.J. 2013. Chrysophycean stomatocysts associated with the carnivorous plants (genus *Utricularia*) from Jeleniak–Mikuliny Nature Reserve. – *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*. 42 (4): 398–405. <https://doi.org/10.2478/s13545-013-0095-6>
- Zeeb B.A., Duff K.E., Smol J.P. 1990. Morphological descriptions and stratigraphic profiles of chrysophycean stomatocysts from the recent sediments of Little Round Lake, Ontario. – *Nova Hedwigia*. 51: 361–380.
- Zeeb B.A., Smol J.P. 1993. Chrysophycean stomatocyst flora from Elk Lake, Clearwater County, Minnesota. – *Can. J. Bot.* 71: 737–756. <https://doi.org/10.1139/b93-086>
- Zeeb B.A., Christie C.E., Smol J.P., Findly D.L., Kling H.J., Briks H.J.B. 1994. Responses of diatom and chrysophyte assemblage in Lake 227 to experimental eutrophication. – *Canad. J. Fish. Aquatic Sci.* 51: 2300–2311. <https://doi.org/10.1139/f94-233>
- Zeeb B.A., Smol J.P., Vanlandingham S.L. 1996. Pliocene chrysophycean stomatocysts from the Sonoma volcanics, Napa County, California. – *Micropaleontol.* 42: 79–91. <https://doi.org/10.2307/1485985>