БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2024, том 109, № 3, с. 244–257

СООБЩЕНИЯ

РАЗНООБРАЗИЕ СТОМАТОЦИСТ ЗОЛОТИСТЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (CHRYSOPHYTA) БОЛОТА КАДЕР КУРГАЛЬСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2024 г. С. Н. Шадрина*, Т. В. Сафронова**

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022, Россия
**e-mail: wertexy@yandex.ru*
***e-mail: safronova.tania@mail.ru*

Поступила в редакцию 31.10.2023 г.
Получена после доработки 25.01.2024 г.
Принята к публикации 30.01.2024 г.

В пробах из болота Кадер было идентифицировано 18 морфотипов стоматоцист хризофитовых, из которых 3 определены до вида, у 14 цист определен номер морфотипа и один морфотип описан впервые для науки. Три из найденных морфотипов являются новыми для Европы, 5 – для России, 8 – для Северо-Запада России. Для каждой стоматоцисты приводятся описание морфологии, микрофотографии (СЭМ), географические и экологические сведения. Полученные данные дополняют знания о таксономическом разнообразии золотистых водорослей на Северо-Западе России.

Ключевые слова: Северо-Запад России, Chrysophyta, новый морфотип, стоматоцисты, таксономия, распространение, СЭМ

DOI: 10.31857/S0006813624030027, **EDN:** RAVOVM

Взаимосвязи избыточного увлажнения, растительности и торфа в болотах формируют специфическую среду обитания, что определяет широкий спектр природного разнообразия (Minaeva, Sirin, 2012). В течение последних 20 лет стоматоцисты хризофитовых активно изучались в водно-болотных угодьях по всему миру (Cabała, 2002, 2003ab; Cabała, Piątek, 2004; Buczkó, Wojtal, 2005; Pang et al., 2012a,b; Wołowski et al., 2011, 2013; Pang, Wang, 2014, 2017; Bai et al., 2018; Pang et al., 2019; Bai et al., 2020). В нашей стране подобных работ еще крайне мало. До настоящего исследования в болотах России идентифицировано только 12 морфотипов стоматоцист (Kapustin et al., 2016, 2019; Сафронова, 2018).

Морфология стоматоцист видоспецифична (Duff et al., 1995), поэтому их описание является важным аспектом таксономического изучения золотистых водорослей и служит дополнительным показателем разнообразия этой группы в водоемах. Данная работа является частью многолетнего изучения флоры золотистых водорослей ООПТ Северо-Запада России.

В работе приводятся первые данные о морфологическом разнообразии стоматоцист золотистых водорослей в водоемах верхового болота Кадер с использованием методов сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Болотный массив Кадер площадью около 10 км^2 находится в границах Государственного природного комплексного заказника “Кургальский” (Кингисеппский район Ленинградской области). Центральная часть болота Кадер характеризуется хорошо выраженным грядово-озерковым комплексом, поверхность болота покрыта сфагновыми мхами. Материалом для данной статьи послужили пробы, отобранные в болоте Кадер с августа по октябрь 2019 г.

Таблица 1. Характеристика точек сбора проб

Table 1. Characteristics of sampling localities

№	**Дата** Date	**Местоположение, тип пробы** Location of the study area, sample type	**Координаты** Coordinates	T, °C	pH	**УЭП** EC
1	12.08.2019	Озерцо в болоте, слизистый водорослевый мат A mire pond, mucilaginous algal mat	N 59°31.745’ E 28°09.354’	24	6.5	34
2	13.08.2019	Озерцо на западной стороне болота, выжимка мха A mire pond, water squeezed from mosses	N 59°41.116’ E 28°08.952’	19.7	5.8	17
3	13.08.2019	Озерцо в болоте, бентос A mire pond, benthos	N 59°41.787’ E 28°12.003’	21	6.6	42
4	13.08.2019	Озерцо в болоте, планктон A mire pond, plankton	N 59°41.808’ E 28°12.053’	22.5	6.7	40
5	12.09.2019	Озерцо в болоте, слизистый водорослевый мат A mire pond, mucilaginous algal mat	N 59°31.029’ E 028°08.930’	17.4	6.6	35
6	13.09.2019	Болото, поверхностные отложения A mire pond, surface sediments	N 59°53.034’ E 28°13.459’	18	6	87
7	07.10.2019	Озерцо в болоте, водорослевый мат A mire pond, algal mat	N 59°31.076’ E 28°07.993’	6.8	7.3	43
8	8.10.2019	Озерцо в болоте, выжимки водных растений A mire pond, water squeezed from plants	N 59°31.642’ E 28°08.812’	7.4	6.7	38

Примечание. УЭП – удельная электропроводность (μS cm^{-1}). T – температура воды.

Note. EC – electrical conductivity (μS cm^{-1}). T – temperature of water.

(табл. 1). Всего исследовано 9 альгологических проб из восьми местообитаний (планктон, бентос, эпифиты, выжимки мхов). Пробы фитопланктона отбирались сетью с диаметром ячеи 15 мкм, также собирались обрастания с высших растений и водорослевые маты. Все собранные пробы фиксировались 2% раствором формальдегида. Параллельно при помощи кондуктометра–солемера HM Digital COM-80 и pH-метра Hanna HI измерялись температура, электропроводность, соленость и водородный показатель (pH) воды (табл. 1). Для изучения объектов в СЭМ пробы предварительно очищались в ходе нагревания на водяной бане в течение нескольких часов в 40% перекиси водорода с добавлением бихромата калия. Отмывка проб проводилась в дистиллированной воде в ходе центрифугирования и последующего отмывания осадка в спирте. Далее материал равномерно распределялся на предварительно обезжиренных спиртом металлических столиках 10 мм диам. Для напыления тончайшим слоем углерода и золота использовался напылитель JEE–4B/4C фирмы JEOL при вакууме 10 атм. Напыление металлом создавало электропроводный слой, необходимый для получения контрастного изображения объекта. Исследование объектов осуществлялось на СЭМ JEOL-JEM – 100 S с разрешающей способностью 200 А, при ускоряющем напряжении 50 кВт.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В пробах из водоемов болота Кадер нами было идентифицировано 18 морфотипов стоматоцист, описания которых приводятся ниже. Номер местонахождения указывается по таблице 1.

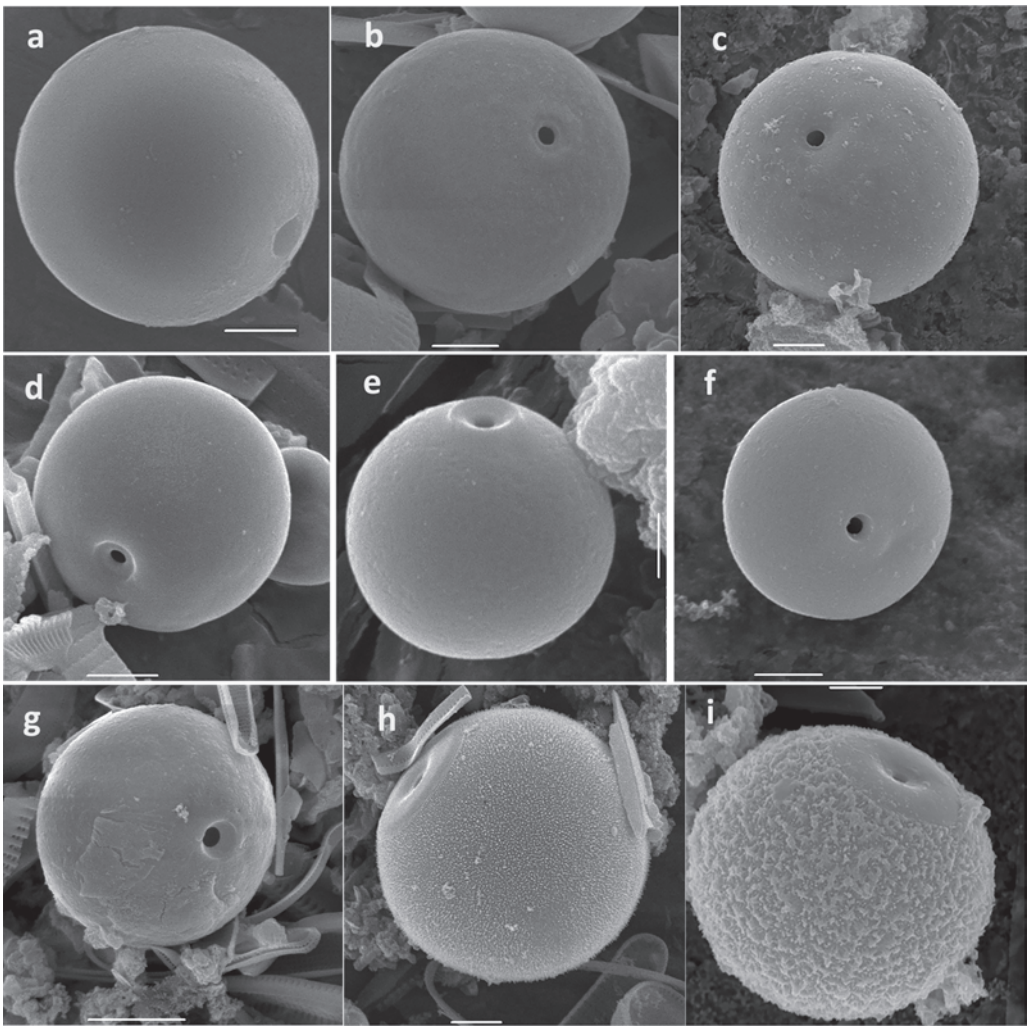

Рис. 1. Стоматоцисты, выявленные в болоте Кадер (СЭМ): a – стоматоциста 1 Duff et Smol emend. Zeeb et Smol, 1993; b – стоматоциста 49 Duff et Smol, 1991 emend. Zeeb et Smol, 1993; c – стоматоциста 42 Duff et Smol, 1989; d – стоматоциста 120 Duff et Smol in Duff et al., 1992 emend. Zeeb et Smol, 1993; e – стоматоциста 135 Duff et Smol in Duff et al., 1992; f – стоматоциста 189 Zeeb et Smol in Zeeb et al., 1996; g – стоматоциста 150 Zeeb et Smol, 1993; h – стоматоциста 67 Pang et Wang, 2014, форма A; i – стоматоциста 12 Rybak et al., 1991. Масштабная линейка: a, e – 1 мкм, b–d, f, h, i – 2 мкм, g – 5 мкм.

Fig. 1. Stomatocysts observed in the Kader mire (SEM): a – stomatocyst 1 Duff et Smol emend. Zeeb et Smol, 1993; b – stomatocyst 49 Duff et Smol, 1991 emend. Zeeb et Smol, 1993; c – stomatocyst 42 Duff et Smol, 1989; d – stomatocyst 120 Duff et Smol in Duff et al., 1992 emend. Zeeb et Smol, 1993; e – stomatocyst 135 Duff et Smol in Duff et al., 1992; f – stomatocyst 189 Zeeb et Smol in Zeeb et al., 1996; g– stomatocyst 150 Zeeb et Smol, 1993; h – stomatocyst 67 Pang et Wang, 2014, form A; i – stomatocyst 12 Rybak et al., 1991. Scale bars: a, e – 1 μm, b–d, f, h, i – 2 μm, g – 5 μm.

I. НЕОРНАМЕНТИРОВАННЫЕ СТОМАТОЦИСТЫ

Стоматоциста 1 Duff et Smol, 1988 emend. Zeeb et Smol, 1993. Рис. 1 a.

Видовая принадлежность: Duff et Smol (1995), опираясь на серию работ (Preisig, Hibberd 1982 a, b; 1983), посвященных роду *Paraphysomonas*, считают, что этот морфотип могут формировать два вида рода *Paraphysomonas*, при этом они не указывают конкретных видов; так как в вышеупомянутых работах Preisig и Hibberd не приводят иллюстраций стоматоцист, мы считаем, что эта информация носит скорее справочный характер и требует дальнейших исследований.

Местонахождение: 1, 7, 8.

Количество обнаруженных цист: 5.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 4.3–5.6 мкм). Воротничок отсутствует, пора правильная (диаметр 0.5–0.6 мкм).

Поверхность стоматоцисты гладкая или микротекстурированная.

Распространение в России: водоемы п-ва Таймыр (Duff, 1996), р. Лена (Gilbert et al., 1997), оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006), Телецкое оз. (Bazhenova et al., 2012), р. Верхняя Ангара (Firsova et al., 2018), Богучанское водохранилище (Firsova et al., 2019), водные объекты Омского Прииртышья (Bazhenova, 2021), Самарская обл. (Ignatenko, Yatsenko-Stepanova, 2023), р. Обь (Bessudova et al., 2023). В Северо-Западном регионе России отмечена впервые.

Стоматоциста 49 Duff et Smol, 1991 emend. Zeeb et Smol, 1993. Рис. 1 b.

Видовая принадлежность: вероятно, морфотип 49 формируется видом *Chrysosphaerella longispina* Lauterborn, на это указывают Duff et Smol (1995), ссылаясь на работу Sandgren (1989), подробно описавшего процесс цистообразования у *C. longispina*.

Местонахождение: 1, 2, 7.

Количество обнаруженных цист: 5.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 6.8–10.5 мкм). Пора вогнутая (внешний диаметр 1.0–1.8 мкм, внутренний диаметр 0.55–0.8 мкм), окруженная вздутым псевдоаннулусом. Воротничок отсутствует. Поверхность стоматоцисты гладкая.

Распространение в России: Северо-Запад России (Voloshko, 2016; Shadrina, 2019; Shadrina, Safronova, 2020), р. Верхняя Ангара (Firsova et al., 2018), водные объекты Омского Прииртышья (Bazhenova, 2021), Самарская обл. (Ignatenko, Yatsenko-Stepanova, 2023), р. Обь (Bessudova et. al., 2023).

Стоматоциста 42 Duff et Smol, 1989. Рис. 1 c.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 4.

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 10 мкм). Воротничок отсутствует, пора вогнутая (диаметр 0.7 мкм). Поверхность стоматоцисты гладкая или микротекстурированная.

Распространение в России: водоемы п-ова Таймыр (Duff, 1996), р. Лена (Gilbert et al., 1997), оз. Байкал (Firsova et al., 2017), водные объекты Омского Прииртышья (Bazhenova, 2021). В Северо-Западном регионе России отмечена впервые.

Стоматоциста 120 Duff et Smol in Duff et al., 1992 emend Zeeb et Smol, 1993. Рис. 1 d.

Видовая принадлежность: по мнению Duff et Smol (1995), подобная стоматоциста может продуцироваться несколькими видами, в том числе незрелые цисты *Chrysosphaerella longispina* похожи на данный морфотип. Процесс цистообразования у *C. longispina* подробно описан в работе Sandgren (1989).

Местонахождение: 7.

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 7.1 мкм). Воротничок отсутствует, пора вдавленная неглубокая (внешний диаметр 1.3 мкм, внутренний диаметр 0.5 мкм). Поверхность стоматоцисты гладкая.

Распространение в России: водоемы п-ва Таймыр (Duff, 1996), р. Лена (Gilbert et al., 1997), водные объекты Омского Прииртышья (Bazhenova, 2021; Bazhenova, Kapustin, 2021). В Северо-Западном регионе России отмечена впервые.

Стоматоциста 110 Zeeb et al. 1990. Рис. 1 e.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 8.

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста сферическая, очень маленькая (диаметр 4.2 мкм). Воротничок конический (диаметр 1 мкм, высота 0.2 мкм). Пора правильная (диаметр 0.3 мкм). Внутренний край воротничка резкий и наклонный, без аннулюса. Поверхность стоматоцисты гладкая или микротекстурированная.

Распространение в России: водоемы п-ова Таймыр (Duff, 1996), р. Лена (Gilbert et al., 1997). В Северо-Западном регионе России отмечена впервые.

Стоматоциста 189 Zeeb et Smol in Zeeb et al., 1996. Рис. 1 f.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 4.

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 6.8 мкм). Воротничок отсутствует. Пора

глубокая, коническая (внешний диаметр 0.9 мкм, внутренний диаметр 0.4 мкм, глубина 0.2 мкм). Поверхность стоматоцисты гладкая или микротекстурированная.

Данный морфотип идентичен стоматоцистам 46 Duff et Smol, 1991 и 150 Zeeb et Smol, 1993, но значительно отличается размером.

Распространение в России: водоемы п-ва Таймыр (Duff, 1996), р. Лена (Gilbert et al., 1997). Возможно, встречается в водных объектах Омского Прииртышья (Bazhenova, 2021), но отмечен как морфотип 150 Zeeb et Smol, 1993. О.П. Баженова считает, что морфотипы 46, 150 и 189 идентичны, и рассматривает их как один морфотип. Однако диапазон размеров довольно существенный (отличается в 1.5 раза и более), кроме того, стоматоцисты не имеют видоспецифичной орнаментации и могут продуцироваться разными видами, поэтому мы рассматриваем их согласно атласу Duff et al. (1995) как разные морфотипы. В Северо-Западном регионе России отмечена впервые.

Стоматоциста 150 Zeeb et Smol, 1993. Рис. 1 g.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 4.

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 12.5 мкм). Воротничок отсутствует. Пора глубокая коническая (внешний диаметр 2.2 мкм, внутренний диаметр 0.86 мкм, глубина 0.9 мкм). Поверхность стоматоцисты гладкая или микротекстурированная.

Распространение в России: водоемы п-ва Таймыр (Duff, 1996), р. Лена (Gilbert et al., 1997), оз. Байкал (Firsova, Likhoshway, 2006), оз. Телецкое (Bazhenova et al., 2012), в водных объектах Омского Прииртышья (Bazhenova, 2021). В Северо-Западном регионе России отмечена впервые.

II. ОРНАМЕНТИРОВАННЫЕ СТОМАТОЦИСТЫ

Стоматоциста 67 Pang et Wang, 2014. Форма А. Рис. 1 h.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 3, 4.

Количество обнаруженных цист: 4.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 10.6–13.1 мкм). Пора коническая (внешний диаметр 1.2–2.2 мкм, внутренний диаметр 0.5–0.6 мкм). Область, окружающая пору, гладкая (ширина 1.8–2.3 мкм). В описании Pang et Wang эта область чуть больше (ширина 3.1–3.6 мкм). Поверхность цисты орнаментирована тонкими капиллярными шипами (высота около 0.2 мкм). По орнаментации Pang и Wang выделяют две формы. Обнаруженная стоматоциста относится к форме А. В болоте Кадер нами обнаружена и форма Б, которую ранее, в 1991 г., описал Rybak под номером 12, поэтому мы приводим ее ниже, как в первоисточнике — стоматоциста 12 Rybak et al., 1991.

В России и Европе отмечена впервые. Обнаружена в Китае (Pang et Wang, 2014).

Стоматоциста 12 Rybak et al., 1991. Рис. 1 i.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 3, 4.

Количество обнаруженных цист: 14.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 10.6–13.1 мкм). Пора коническая (внешний диаметр 1.2–2.2 мкм, внутренний диаметр 0.5–0.6 мкм). Область, окружающая пору, гладкая (ширина 1.8–2.3 мкм). Поверхность цисты имеет губчатую структуру (высота выростов около 0.4 мкм).

В России и Европе отмечена впервые. Первоначально описана из отложений озера в Канаде (Rybak et al., 1991). Повторно описана в Китае как стоматоциста 67 Pang et Wang, 2014 форма Б.

Стоматоциста 6 Duff et Smol, 1988. Рис. 2 a.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 4.

Количество обнаруженных цист: 8.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 6.7–7.6 мкм). Пора правильная (диаметр 0.4–0.7 мкм), окружена остроконическим правильным первичным воротничком (диаметр 0.8 мкм), который может отсутствовать у несозревших и разрушенных цист. Вторичный воротничок формируется лакунами ретикулума (диаметр 1.6–1.7 мкм). Поверхность цисты орнаментирована неправильным ретикулумом с острыми гребнями, образующими

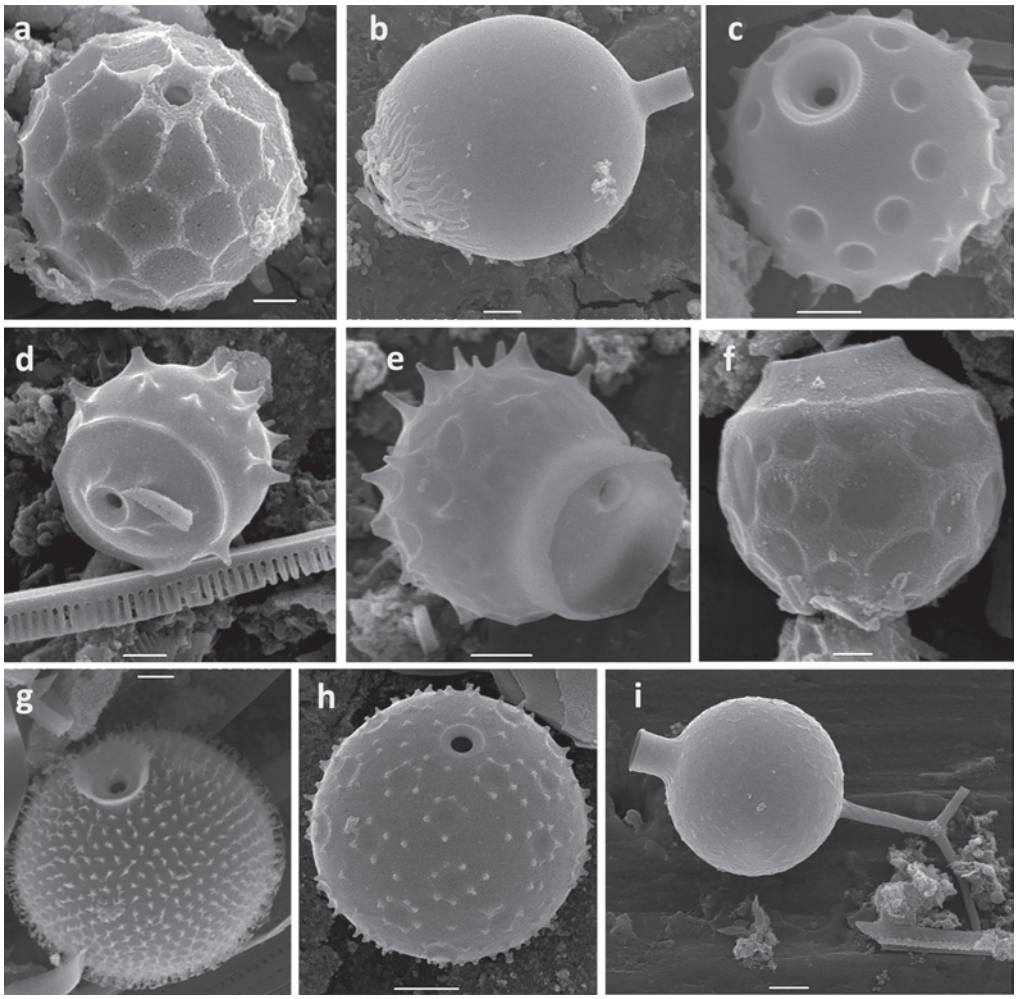

Рис. 2. Стоматоцисты со сложной орнаментацией поверхности, выявленные в болоте Кадер (СЭМ): a – стоматоциста 6 Duff et Smol, 1988; b – стоматоциста 57 Duff et Smol, 1991; c – стоматоциста 6 Shadrina et Safronova, в этой статье; d – стоматоциста 83 Duff et Smol, 1991; e – стоматоциста 85 Duff et Smol, 1991 emend. McPhee et Smoll, 2001, форма Б; f – стоматоциста 180 Duff et Smol, 1993; g – стоматоциста 73 Duff et Smol, 1991; h – стоматоциста 171 Zeeb et Smol, 1993; i – стоматоциста 130 Duff et Smol in Duff et al., 1992 emend. Duff et Smol, 1994. Масштабная линейка: a–d, f, g – 1 мкм; e, i – 2 мкм.

Fig. 2. Ornamented stomatocysts observed in the Kader mire (SEM): a – stomatocyst 6 Duff et Smol, 1988; b – stomatocyst 57 Duff et Smol, 1991; c – stomatocyst 6 Shadrina et Safronova, this article; d – stomatocyst 83 Duff et Smol, 1991 e – stomatocyst 85 Duff et Smol, 1991 emend. McPhee et Smoll, 2001, form Б; f – stomatocyst 180 Duff et Smol, 1993; g – stomatocyst 73 Duff et Smol, 1991; h – stomatocyst 171 Zeeb et Smol, 1993; i – stomatocyst 130 Duff et Smol in Duff et al., 1992 emend. Duff et Smol, 1994. Scale bars: a–d, f, g – 1 μm; O, T, C – 2 μm.

многоугольные лакуны (часто пяти- и шестиугольные), различающиеся по форме и размерам (диаметр 0.7–1.9 мкм).

Распространение в России: р. Лена (Gilbert et al., 1997). В Северо-Западном регионе России отмечена впервые.

Стоматоциста 57 Duff et Smol, 1991. Рис. 2 b.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 1, 3, 4, 5, 7.

Количество обнаруженных цист: 16.

Описание: стоматоциста обычно обратнояйцевидная, иногда эллипсоидная (ширина 5.3–7.4 мкм, длина 5.6–7.0 мкм). Воротничок высокий цилиндрический (диаметр 0.7–1.1 мкм, высота 0.53–1.3 мкм). На заднем полюсе стоматоцисты присутствует орнаментация (ширина 0.7–4.8) в виде радиально расположенных изогнутых гребней, образующих сеть.

В России отмечена впервые. Обнаружена в Канаде и США (Duff et al., 1995), в Европе (Pla, 2001); в статье Facher et Schmidt (1996)

по водоемам Центральной Европы приводят данный морфотип под номером 84 (ширина 6.1–6.2, длина 6.7 мкм) на основании того, что она больше, чем циста 57 (ширина 4.9–6.0, длина 5.4–6.4 мкм). Исследованные нами образцы показывают более широкий диапазон размеров, куда входят и размеры, приведенные в обеих статьях. Мы считаем, что столь незначительная разница в размерах не является поводом для выделения отдельного морфотипа, к тому же данная стоматоциста имеет хорошо развитую орнаментацию, которая считается видоспецифичной.

Стоматоциста 6 Shadrina et Safronova, в этой статье. Рис. 2 c.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 8.

Количество обнаруженных цист: 1.

Номер кадра: 2795.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 4.3 мкм). Пора коническая (внешний диаметр 0.7 мкм, внутренний диаметр 0.3 мкм, глубина примерно 0.2 мкм), окружена цилиндрическим воротничком (диаметр 1.4 мкм) с округлым апексом (толщина 0.3–0.6 мкм). Поверхность цисты орнаментирована ретикулумом в виде микроячеек, круглыми вмятинами, располагающимися, как правило, на передней полусфере (диаметр 0.4–0.7 мкм) и короткими широкими шипами (высота 0.15–0.25 мкм, диаметр основания примерно 0.3 мкм), закручивающимися по спирали.

Stomatocyst 6 Shadrina et Safronova, this paper. Fig. 2 c.

Biological affinity: unknown.

Locality: 8.

Number of specimens: 1.

Picture-file number: 2795.

Description: Small spherical stomatocyst (4.3 μm diam.). The conical pore (outer diameter 0.7 μm, inner diameter 0.3 μm, depth ca. 0.2 μm) is surrounded by cylindrical collar (1.4 μm diam.) with a rounded apex (0.3–0.6 μm thick). The cyst surface is ornamented with a microcellular reticulum, round depressions mostly located on the anterior hemisphere (0.4–0.7 μm diam.), and short wide spines (height 0.15–0.25 μm, base diameter ca. 0.3 μm) twisting spirally or rope-like.

Distribution: this morphotype is so far known from the type locality only.

Comments: we were not able to link this cyst with previously published morphotypes.

Стоматоциста 83 Duff et Smol, 1991. Рис. 2 d.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 1

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 4.8 мкм) со сложным воротничком, окружающим правильную пору (диаметр 0.3 мкм). Первичный воротничок конический (диаметр 1 мкм, высота 0.4 мкм) с вертикальными штрихами (ребрами). Пространство (интераннулюс) между первичным и вторичным воротничком гладкое. Вторичный воротничок низкий и широкий (диаметр 4.2 мкм, высота 0.1–0.3 мкм). Поверхность цисты орнаментирована нерегулярно расположенными шипами (длина до 0.6 мкм).

В России отмечена впервые. Обнаружена в Канаде и США (Duff et al., 1995), в Европе отмечена в Польше (Cabała, Piątek, 2004).

Стоматоциста 85 Duff et Smol, 1991 emend. McPhee et Smoll, 2001. Форма Б. Рис. 2 e.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 4.

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста сферическая (диаметр 7.5 мкм) со сложным воротничком, окружающим правильную пору (диаметр 0.7 мкм). Первичный воротничок низкий, конический (диаметр 1.2 мкм), вторичный воротничок широкий (диаметр 5.6 мкм). Пространство (интераннулюс) между первичным и вторичным воротничком гладкое.

По расположению поры, форме и высоте вторичного воротничка, а также типу орнаментации выделяют две формы. В форме Б пора смещена от центра интераннулюса. Вторичный воротничок высокий (высота 1.3 мкм), цилиндрический, с четко выраженным наружным краем и пологим внутренним. Верх вторичного воротничка плоский. Поверхность цисты

орнаментирована нерегулярно расположенными шипами (длина до 1.2 мкм). Форма А нами не обнаружена.

В России и Европе отмечена впервые. Обнаружена в Канаде и США (Duff et al., 1995).

Стоматоциста 180 Zeeb et Smol, 1993. Рис. 2 f.

Видовая принадлежность: *Spiniferomonas bourrellyi* Takahashi (Skogstad, Reymond, 1989). Видоспецифичность этой стоматоцисты была определена Skogstad et Reymond еще в 1989 г. в подробной работе (Skogstad, Reymond, 1989) по изучению ультраструктуры, процесса инцистирования и созревания стоматоцист *S. bourrellyi*. При этом они привели качественные электронные микрофотографии и сделали подробное описание, согласно принятым правилам, присвоив этой стоматоцисте номер 1. Однако мы указываем номер морфотипа согласно атласу (Duff et al., 1995), чтобы избежать дополнительной путаницы, связанной с тем, что именно под номером 180 эта широко распространенная циста указывается в статьях в последние годы.

Местонахождение: 4.

Количество обнаруженных цист: 1.

Описание: стоматоциста обратнояйцевидная (ширина 7.5 мкм, длина 7.2 мкм). Воротничок сложный, но на нашем экземпляре не виден. Вторичный воротничок неорнаментированный. Ниже вторичного воротничка расположен правильный ретикулум из округлых и овальных лакун (диаметр 1–2.5 мкм).

Распространение в России: Ладожское оз. (Voloshko, 2016), Якутия (Firsova et al., 2020), Финский залив (Shadrina, 2019).

Стоматоциста 73 Duff et Smol, 1991. Рис. 2 g.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 1, 2, 3, 4, 5.

Количество обнаруженных цист: 26.

Описание: стоматоциста сферическая, иногда слегка сплюснутая (диаметр 6.4–7.5 мкм). Пора коническая (внешний диаметр 0.7–0.8 мкм, внутренний диаметр 0.3–0.4 мкм), может быть окружена низким первичным воротничком с острым краем. Вторичный воротничок обратноконический (высота 0.7–0.9 мкм, базальный диаметр 1.4–1.6 мкм, апикальный диаметр 1.6–2.3) с неровным рваным краем. Первичный воротничок отделен от вторичного воротничка узким и плоским интераннулюсом. Поверхность цисты орнаментирована равномерно расположенными шипами (длина до 0.4 мкм). У полностью развитых шипов на концах имеется от 1 до 4 отростков.

Распространение в России: Якутия (Firsova et al., 2020). В Северо-Западном регионе России отмечена впервые. В Европе обнаружена в Польше (Cabała, Piątek, 2004; Wołowski et al., 2013). Facher et Schmidt (1996) в своей статье по водоемам Центральной Европы приводят данный морфотип под номером 59 (ширина 7.6–8 мкм, длина 6–7.7) на основании того, что он больше, чем циста 73 (5.6–7.8 мкм). Как отмечалось выше, столь незначительная разница в размерах, на наш взгляд, не является поводом для выделения отдельного морфотипа, особенно при наличии хорошо развитой орнаментации.

Стоматоциста 171 Zeeb et Smol, 1993. Рис. 2 h.

Видовая принадлежность: неизвестна.

Местонахождение: 1, 2, 4, 6.

Количество обнаруженных цист: 5.

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

Распространение в России: Северо-Запад России (Shadrina, Safronova, 2020), р. Лена (Gilbert et al., 1997), р. Верхняя Ангара (Firsova et al., 2018).

Стоматоциста 130 Duff et Smol in Duff et al., 1992 emend Duff et Smol, 1994 Рис. 2 i.

Видовая принадлежность: *Chrysococcus furcatus* (Dolgoff) K.H. Nicholls (Nicholls, 1981, Duff et al., 1995). Nicholls (1981) идентифицировал этот морфотип как покоящуюся стадию *C. furcatus*, однако современная система

описания стоматоцист была разработана позже, только в 1986 г. (Cronberg, Sandgren, 1986), поэтому Duff et Smol (1992, 1994) описали ее заново согласно принятым международной группой ученых правилам как стоматоцисту 130.

Местонахождение: 3, 4.

Количество обнаруженных цист: 2.

Описание: стоматоциста шаровидная (диаметр 8.5–9.4 мкм) орнаментирована одиночными короткими шипами, сзади расположен единственный длинный шип, который раздваивается у зрелых цист. Длинный бифуркатный шип (4.5 мкм до точки бифуркации) расположен у/или очень близко от заднего полюса цисты. Шип закручен вокруг своей оси и напоминает веревку или канат. Воротничок более-менее цилиндрический (апикальный диаметр 1.7–2.2 мкм, базальный диаметр 1.9–2.3 мкм, высота 1.9–2.2 мкм). Основание и наружная поверхность воротничка орнаментированы вертикальными или спиральными штрихами, но орнаментация может варьировать.

Распространение в России: р. Лена (Gilbert et al., 1997), приводится без определения и описания на Алтае в планктоне оз. Телецкое (Bazhenova et al., 2012), пруд г. Санкт-Петербурга (Safronova, 2014), Ярославская и Мурманская обл. (Kapustin, Kapustina, 2018), р. Верхняя Ангара, Якутия (Firsova et al., 2018; 2020).

В результате исследований в водоемах болота Кадер было идентифицировано 18 морфотипов стоматоцист, из которых 3 определены до вида (*Chrysococcus furcatus*, *Spiniferomonas bourrellyi*, *Chrysosphaerella longispina*). У 14 стоматоцист достоверно определен морфотип и один морфотип описан впервые. К неорнаментированным стоматоцистам относятся 7 морфотипов. Остальные 11 обладают более сложной морфологической структурой поверхности. Три стоматоцисты приводятся впервые для Европы, 5 – для России, 8 – для Северо-Запада России и одна описывается впервые для науки. Новый морфотип (стоматоциста 6 Shadrina et Safronova, в этой статье) имеет наибольшее сходство с цистой 5 Duff et Smol, 1988 emend Duff et Smol, 1994 (в работе Pla (2001) она приведена под номером S005), от которой отличается строением поры, шипов и наличием микроячеистого ретикулума. При этом нужно отметить, что на фотографиях, приведенных в работе Pla (2001), морфотип S005 имеет похожий ретикулум, однако он виден нечетко. Также новый морфотип имеет сходство по размеру и строению поры со стоматоцистой 88 Duff et Smol, 1991, но у последней цисты более длинные шипы и более хаотично расположенная орнаментация. Со стоматоцистой 232 Duff et Smol, 1994 описанный нами морфотип также схож по размеру и строению поры, однако отличается орнаментацией поверхности, а именно наличием шипов, а не гребней, как у цисты 232 Duff et Smol, 1994.

Полученные данные являются важным дополнительным критерием оценки разнообразия золотистых водорослей в Северо-Западном регионе России.

БЛАГОДАРНОСТИ

Материалы для данной работы были собраны по исследовательскому контракту № P19-5180 от 16.06.2019 между АГ “Северный поток 2” и Ботаническим институтом имени В.Л. Комарова РАН. Настоящее исследование выполнено в рамках государственного задания для Ботанического института им. Комарова РАН “Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира”, № 121021600184-6. СЭМ-микрофотографии созданы в тесном сотрудничестве с Л.А. Карцевой, обработка некоторых проб выполнена при участии Н.Л. Запорожца на оборудовании ЦКП “Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов” БИН РАН. Мы также признательны рецензентам за очень полезные подробные замечания по рукописи, а также Д.П. Смолу и Д.А. Капустину за предоставленные статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Bai X., Bu Z.J., Chen X. 2018. Morphology of chrysophycean stomatocysts in three peatlands in central China. – Mires and Peat. 21: 1–16. https://doi.org/10.19189/MaP.2018.OMB.350

Bai X., Piątek J., Wołowski K., Bu Z., Chen X. 2020. New stomatocysts discovered in Sphagnum peatlands, central China. – Phytotaxa. 477(2): 151–170. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.477.2.2

[Bazhenova] Баженова О.П. 2021. Атлас стоматоцист золотистых водорослей из планктона водных объектов Омского Прииртышья. Омск. 122 с.

Bazhenova O.P., Kapustin D.A. 2021. New chrysophycean stomatocysts (Chrysophyceae) for Russia from the

Omsk Priirtyshye waterbodies. – Novosti Sist. Nizsh. Rast. 55(1): 7–18. https://doi.org/10.31111/nsnr/2021.55.1.7

Bazhenova O.P., Mitrofanova E.Yu., Shakhoval V.E. 2012. Stomatocysts of Chrysophyte algae from bodies of water in territory near Irtysh River in Omsk Region and Lake Teletskoe in Gorny Altai, Russia. – Contemp. Probl. Ecol. 5(4): 423–429. https://doi.org/10.1134/S1995425512040026

Bessudova A., Likhoshway Y., Firsova A., Mitrofanova E., Koveshnikov M., Soromotin A., Khoroshavin V., Kirillov V. 2023. Small Organisms in a Large River: What Provides the High Diversity of Scaled Chrysophytes in the Ob River? – Water. 15: 1–29. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w15173054

Buczkó K., Wojtal A.Z. 2005. Moss inhabiting siliceous algae from Hungarian peat bogs. – Stud. Bot. Hung. 36: 21-42.

Cabała J. 2002. Chrysophyceae stomatocysts from Budzyń Peat Bog (Kraków-Częstochowa Upland, Poland). – Polish Bot. J. 47(1): 21–35.

Cabała J. 2003a. New and rare morphotypes of chrysophycean stomatocysts from Poland. – Nova Hedwigia. 77(1–2): 99–107. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2003/0077-0099

Cabała J. 2003b. Three morphotypes of chrysophycean stomatocysts from Poland. – Polish Bot. J. 48(1): 13–16. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2003/0077-0099

Cabała J., Piątek M. 2004. Chrysophycean stomatocysts from the Staw Toporowy Nizni lake (Tatra National Park, Poland). – Ann. Limnol.-Int. J. Lim. 40(2): 149–165. https://doi.org/10.1051/limn/2004013

Cronberg G., Sandgren C.D. 1986. A proposal for the development of standardized nomenclature and terminology for chrysophycean statospores. – In: Chrysophytes: aspects and problems. Cambridge. P. 317–328.

Duff K.E. 1996. Chrysophyte microfossils in arctic Siberian lakes. – Nova Hedwigia. Beih. 114: 253–263.

Duff K.E., Douglas M.S.V., Smol J.P. 1992. Chrysophyte cysts in 36 Canadian high arctic ponds. – Nord. J. Bot. 12: 471–499. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1992.tb01331.x

Duff K.E., Smol J.P. 1988. Chrysophycean stomatocysts from the postglacial sediments of a high Arctic lake. – Can. J. Bot. 66: 1117–1128. https://doi.org/10.1139/b88-160

Duff K.E., Smol J.P. 1989. Chrysophycean stomatocysts from the postglacial sediments of Tasikutaaq Lake, Baffin Island, N.W.T. – Canad. J. Bot. 67: 1649–1656. https://doi.org/10.1139/b89-208

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.

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

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 Yu., Kopyrina L.I., Likhoshway Y.V. 2020. Chrysophycean stomatocysts from two unique lakes of Yakutia (Russia). – Phytotaxa. 474(3): 197–217. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.474.3.1

[Firsova et al.] Фирсова А.Д., Бессудова А.Ю., Лихошвай Е.В. 2017. Новые данные о стоматоцистах хризофитовых из озера Байкал. – Acta Biol. Sib. 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 притоках северной оконечности озера Байкал. – Acta Biol. Sib. 4(4): 25–44. https://doi.org/10.14258/abs.v3i4.3637

Firsova A.D., Bessudova A.Yu., Sorokovikova L.M., Zhychenko N.A., Istomina N.A., Sezko N.P., Likhoshway Ye.V. 2019. Stomatocyst diversity in the first years of the plankton species structure formation in Reservoir of Hydropower Plants (Boguchany Reservoir, Russia). – Phytotaxa 424(1): 18–32. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.424.1.2

[Firsova, Likhoshway] Фирсова А.Д., Лихошвай Е.В. 2006. Атлас цист хризофитовых водорослей озера Байкал. Новосибирск. 148 с.

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. https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/64/1997/311

[Ignatenko, Yatsenko-Stepanova] Игнатенко М.Е., Яценко-Степанова Т.Н. 2023. Стоматоцисты золотистых водорослей (Chrysophyta) водоемов национального парка “Бузулукский бор” (юго-восток европейской части России). – Бот. журн. 108(7): 617–627. https://doi.org/10.31857/S0006813623070025

Kapustin D.A., Kapustina N.V. 2018. New records of *Chrysococcus furcatus* (Chrysophyceae) in Russia. – Inland Water Biology. 11(4): 384–386. https://doi.org/10.1134/S1995082918040090

Kapustin D.A., Philippov D.A., Gusev E.S. 2016. Four new chrysophycean stomatocysts with true complex collar from the Shichengskoe raised bog in Central Russia. – Phytotaxa. 288(3): 285–290. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.288.3.10

Kapustin D., Sterlyagova I., Patova E. 2019. Morphology of *Chrysastrella paradoxa* stomatocysts from the Subpolar Urals (Russia) with comments on related morphotypes. – Phytotaxa. 402(6): 295–300. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.402.6.4

Minaeva T.Yu., Sirin A.A. 2012. Peatland biodiversity and climate change. – Biology Bulletin Reviews. 2(2): 164-175. https://doi.org/10.1134/S207908641202003X

Nicholls K.H. 1981. *Chrysococcus furcatus* (Dolg.) comb. nov.: a new name for *Chrysastrella furcata* (Dolg.) Defl. based on the discovery of the vegetative stage. – Phycologia. 20(1): 16–21. https://doi.org/10.2216/i0031-8884-20-1-16.1

Pang W., Wang Y., Wang Q. 2012a. Six new chrysophycean stomatocysts ornamented with reticulum from the Great Xing'an Mountains, China. – Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 30(3): 410–412. https://doi.org/10.1007/s00343-012-1164-1

Pang W., Wang Y., Wang Q. 2012b. Ten new chrysophycean stomatocysts ornamented with spines from bogs near Da'erbin Lake, China. – Nova Hedwigia. 94(1–2): 193–207. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2012/0094-0193

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. Beijing. 253 p.

Pang W., Zhuang J., Wang Q. 2019. Chrysophytes from the Great Xing'an Mountains, China. – Nova Hedwigia, Beih. 148: 49–61. https://doi.org/10.1127/nova-suppl/2019/063

Pla S. 2001. Chrysophycean cysts from the Pyrenees. – Biblioteka Phycologica 109. 237 p.

Preisig H.R., Hibberd D.J. 1982a. Ultrastructure and taxonomy of *Paraphysomonas* (Chrysophyceae) and related genera 1. – Nord. J. Bot. 2: 397–420.

Preisig H.R., Hibberd D.J. 1982b. Ultrastructure and taxonomy of *Paraphysomonas* (Chrysophyceae) and related genera 2. – Nord. J. Bot. 2: 601–638. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1983.tb01056.x

Preisig H.R., Hibberd D.J. 1983. Ultrastructure and taxonomy of *Paraphysomonas* (Chrysophyceae) and related genera 3 – Nord. J. Bot. 3: 695–723. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1983.tb01481.x

Rybak M., Rybak I., Nicholls K. 1991. Sedimentary chrysophyte cyst assemblages as paleoindicators in acid sensitive lakes. – J. Paleolimnol. 5: 19–72.

[Safronova] Сафронова Т.В. 2014. Сезонные изменения состава золотистых водорослей (Chrysophyceae, Synurophyceae) в прудах Ботанического сада БИН РАН (Санкт-Петербург). – Бот. журн. 99(4): 443–458. https://doi.org/10.1134/S1234567814040053

[Safronova] Сафронова Т.В. 2018. 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. – Nova Hedwigia. 95 (Suppl.): 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

[Shadrina, Safronova] Шадрина С.Н., Сафронова Т.В. 2020. Стоматоцисты золотистых водорослей (Chrysophyta) альгофлоры парков Петергофа. – Бот. журн. 105(3): 253–262. https://doi.org/10.31857/S0006813620030084

Skogstad A., Reymond O.L. 1989. An ultrastructural study of vegetative cells, encystment, and mature statospores in *Spiniferomonas bourrellyi* (Chrysophyceae). – Nova Hedwigia. Beih. 95: 71–79.

[Voloshko] Волошко Л.Н. 2016. Золотистые водоросли (Chrysophyta) водоемов Северо-Запада России. Разнообразие стоматоцист. – Бот. журн. 101(11): 1257–1281.

Wołowski K., Piątek J., Płachno B.J. 2011. Algae and stomatocysts associated with carnivorous plants. First report of chrysophyte stomatocysts from Virginia, USA. – Phycologia. 50(5): 511–519. https://doi.org/10.2216/10-94.1

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.

Zeeb B.A., Smol J.P., Vanlandingham S.L. 1996. Pliocene chrysophycean stomatocysts from the Sonoma volcanics, Napa County, California. – Micropaleontol. 42: 79–91.

DIVERSITY OF CHRYSOPHYCEAN STOMATOCYSTS (CHRYSOPHYTA) IN KADER MIRE OF THE KURGALSKY NATURAL RESERVE

S. N. Shadrina[#], T. V. Safronova[##]

Komarov Botanical Institute of RAS
Prof. Popova Str., 2, St. Petersburg, 197022, Russia
[#]e-mail: wertexy@yandex.ru
[##]e-mail: safronova.tania@mail.ru

In this work, we report on 18 stomatocyst morphotypes identified in the samples from the Kader mire, including 3 ones identified to the species; morphotype numbers were defined for 14 stomatocysts; one morphotype is described as new to science. Three stomatocysts are new to Europe, five are new to Russia, eight – to the Northwestern region. The descriptions of the cysts based on the electron-microscopic data (SEM), and information on their locality, distribution and ecology are provided. Our results add to knowledge of the chrysophyte flora of the Northwestern Russia.

Keywords: Northwestern Russia, Chrysophyta, new morphotype, stomatocysts, taxonomy, distribution, SEM

ACKNOWLEDGEMENTS

Materials for this work were collected under research contract No. R19-5180 dated 16.06.2019 between the Nord Stream 2 AG and the Komarov Botanical Institute of the Russian Akademy of Sciences. The present study was carried out within the framework of the State Assignment for the Komarov Botanical Institute RAS "Flora and taxonomy of algae, lichens and bryophytes in Russia and phytogeographically important regions of the world", No. 121021600184-6. SEM micrographs were made in close collaboration with L.A. Kartseva, some of the samples were processed with participation of N.L. Zaporozhets on the equipment of the Core Facilities Center "Cell and Molecular Technologies in Plant Science" at the Komarov Botanical Institute RAS. We are also grateful to reviewers for very helpful detailed remarks on the manuscript, and J.P. Smol and D.A. Kapustin for providing some articles.

REFERENCES

Bai X., Bu Z.J., Chen X. 2018. Morphology of chrysophycean stomatocysts in three peatlands in central China. – Mires and Peat. 21: 1–16. https://doi.org/10.19189/MaP.2018.OMB.350

Bai X., Piątek J., Wołowski K., Bu Z., Chen X. 2020. New stomatocysts discovered in Sphagnum peatlands, central China. – Phytotaxa. 477(2): 151–170. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.477.2.2

Bazhenova O.P. 2021. Atlas stomatotsyst zolotistykh vodorosley iz planktona vodnykh obektov Omskogo Priirtyshch'ya [Atlas of stomatocysts of golden algae from the plankton of the Omsk Priirtyshye waterbodies]. Omsk. 122 p. (In Russ.).

Bazhenova O.P., Kapustin D.A. 2021. New chrysophycean stomatocysts (Chrysophyceae) for Russia from the Omsk Priirtyshye waterbodies. – Novosti Sist. Nizsh. Rast. 55(1): 7–18. https://doi.org/10.31111/nsnr/2021.55.1.7

Bazhenova O.P., Mitrofanova E.Yu., Shakhoval V.E. 2012. Stomatocysts of Chrysophyte algae from bodies of water in territory near Irtysh River in Omsk Region and Lake Teletskoe in Gorny Altai, Russia. – Contemp. Probl. Ecol. 5(4): 423–429. https://doi.org/10.1134/S1995425512040026

Bessudova A., Likhoshway Y., Firsova A., Mitrofanova E., Koveshnikov M., Soromotin A., Khoroshavin V., Kirillov V. 2023. Small Organisms in a Large River: What Provides the High Diversity of Scaled Chrysophytes in the Ob River? – Water. 15: 1–29. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w15173054

Buczkó K., Wojtal A.Z. 2005. Moss inhabiting siliceous algae from Hungarian peat bogs. – Stud. Bot. Hung. 36: 21–42.

Cabała J. 2002. Chrysophyceae stomatocysts from Budzyń Peat Bog (Kraków-Częstochowa Upland, Poland). – Polish Bot. J. 47(1): 21–35.

Cabała J. 2003a. New and rare morphotypes of chrysophycean stomatocysts from Poland. – Nova Hedwigia. 77(1–2): 99–107. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2003/0077-0099

Cabała J. 2003b. Three morphotypes of chrysophycean stomatocysts from Poland. – Polish Bot. J. 48(1): 13–16. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2003/0077-0099

Cabała J., Piątek M. 2004. Chrysophycean stomatocysts from the Staw Toporowy Nizni lake (Tatra National Park, Poland). – Ann. Limnol.-Int. J. Lim. 40(2): 149–165. https://doi.org/10.1051/limn/2004013

Cronberg G., Sandgren C.D. 1986. A proposal for the development of standardized nomenclature and terminology for chrysophycean statospores. – In: Chrysophytes: aspects and problems. Cambridge. P. 317–328.

Duff K.E. 1996. Chrysophyte microfossils in arctic Siberian lakes. – Nova Hedwigia. Beih. 114: 253–263.

Duff K.E., Smol J.P. 1988. Chrysophycean stomatocysts from the postglacial sediments of a high Arctic lake. – Can. J. Bot. 66: 1117-1128. https://doi.org/10.1139/b88-160

Duff K.E., Smol J.P. 1989. Chrysophycean stomatocysts from the postglacial sediments of Tasikutaaq Lake, Baffin Island, N.W.T. – Canad. J. Bot. 67: 1649–1656. https://doi.org/10.1139/b89-208

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.

Duff K.E., Douglas M.S.V., Smol J.P. 1992. Chrysophyte cysts in 36 Canadian high arctic ponds. – Nord. J. Bot. 12: 471–499. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1992.tb01331.x

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

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 Yu., Kopyrina L.I., Likhoshway Y.V. 2020. Chrysophycean stomatocysts from two unique lakes of Yakutia (Russia). – Phytotaxa. 474(3): 197–217. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.474.3.1

Firsova A.D., Bessudova A.Yu., Likhoshway E.V. 2017. New data of chrysophycean stomatocysts from Lake Baikal. – Acta Biol. Sib. 3(4): 113–122 (In Russ.). https://doi.org/10.14258/abs.v3i4.3637

Firsova A.D., Bessudova A.Yu., Likhoshway E.V. 2018. Chrysophycean stomatosysts in tributaries of northern limit of Lake Baikal. – Acta Biol. Sib. 4(4): 25–44 (In Russ.). https://doi.org/10.14258/abs.v3i4.3637

Firsova A.D., Bessudova A.Yu., Sorokovikova L.M., Zhychenko N.A., Istomina N.A., Sezko N.P., Likhoshway Ye.V. 2019. Stomatocyst diversity in the first years of the plankton species structure formation in Reservoir of Hydropower Plants (Boguchany Reservoir, Russia). – Phytotaxa. 424(1): 18–32. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.424.1.2

Firsova A.D., Likhoshway Ye.V. (2006) Atlas of chrysophycean cysts of Lake Baikal. Novosibirsk. 148 p. (In Russ.).

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. https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/64/1997/311

Ignatenko M.E., Yatsenko-Stepanova T.N. Chrysophycean stomatocysts (Chrysophyta) in the reservoirs of the Buzulukskii Bor National Park (southeastern European part of Russia). – Bot. Zhurn. 108(7): 617–627. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S0006813623070025

Kapustin D.A., Kapustina N.V. 2018. New records of Chrysococcus furcatus (Chrysophyceae) in Russia. – Inland Water Biology. 11(4): 384–386. https://doi.org/10.1134/S1995082918040090

Kapustin D.A., Philippov D.A., Gusev E.S. 2016. Four new chrysophycean stomatocysts with true complex collar from the Shichengskoe raised bog in Central Russia. – Phytotaxa. 288(3): 285–290. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.288.3.10

Kapustin D., Sterlyagova I., Patova E. 2019. Morphology of *Chrysastrella paradoxa* stomatocysts from the Subpolar Urals (Russia) with comments on related morphotypes. – Phytotaxa. 402(6): 295–300. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.402.6.4

Minaeva T.Yu., Sirin A.A. 2012. Peatland biodiversity and climate change. – Biology Bulletin Reviews. 2(2): 164–175. https://doi.org/10.1134/S207908641202003X

Nicholls K.H. 1981. Chrysococcus furcatus (Dolg.) comb. nov.: a new name for Chrysastrella furcata (Dolg.) Defl. based on the discovery of the vegetative stage. Phycologia 20 (1): 16–21. https://doi.org/10.2216/i0031-8884-20-1-16.1

Pang W., Wang Y., Wang Q. 2012a. Six new chrysophycean stomatocysts ornamented with reticulum from the Great Xing'an Mountains, China. – Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 30(3): 410–412. https://doi.org/10.1007/s00343-012-1164-1

Pang W., Wang Y., Wang Q. 2012b. Ten new chrysophycean stomatocysts ornamented with spines from bogs near Da'erbin Lake, China. – Nova Hedwigia. 94(1–2): 193–207. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2012/0094-0193

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. Beijing. 253 p.

Pang W., Zhuang J., Wang Q. 2019. Chrysophytes from the Great Xing'an Mountains, China. – Nova Hedwigia. 148: 49–61. https://doi.org/10.1127/nova-suppl/2019/063

Pla S. 2001. Chrysophycean cysts from the Pyrenees. – Biblioteka Phycologica. 109. 237 p.

Preisig H.R., Hibberd D.J. 1982a. Ultrastructure and taxonomy of *Paraphysomonas* (Chrysophyceae) and related genera 1. – Nord. J. Bot. 2: 397-420.

Preisig H.R., Hibberd D.J. 1982b. Ultrastructure and taxonomy of *Paraphysomonas* (Chrysophyceae) and related genera 2. – Nord. J. Bot. 2: 601–638. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1983.tb01056.x

Preisig H.R., Hibberd D.J. 1983. Ultrastructure and taxonomy of *Paraphysomonas* (Chrysophyceae) and related genera 3. – Nord. J. Bot. 3: 695–723. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1983.tb01481.x

Rybak M., Rybak I., Nicholls K. 1991. Sedimentary chrysophyte cyst assemblages as paleoindicators in acid sensitive lakes. – J. Paleolimnol. 5: 19–72.

Safronova T.V. 2014. Seasonal changes of taxonomic composition of chrysophycean algae (Chrysophyceae, Synurophyceae) in the ponds of the Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (St. Petersburg). – Bot. Zhurn. 99(4): 443–458 (In Russ.).

Safronova T.V. 2018. Zolotistye vodorosli (Chrysophyceae, Synurophyceae) osobo okhranyaemykh territoriy Leningradskoy oblasti i g.Sankt-Peterburga [Golden algae (Chrysophyceae, Synurophyceae) of specially protected natural areas of the Leningrad region and St. 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. – Nova Hedwigia. 95 (Suppl.): 45–69.

Shadrina S.N. 2019. Diversity of chrysophycean (Chrysophyta) stomatocysts in the Gulf of Finland, Baltic Sea. – Bot. Zhurn. 104(5): 684–698 (In Russ.). https://doi.org/10.1134/S0006813619050120

Shadrina S.N., Safronova T.V. 2020. Chrysophycean stomatocysts (Chrysophyta) in the algal flora of the Peterhof Parks. – Bot. Zhurn. 105(3): 253–262 (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S0006813620030084

Skogstad A., Reymond O.L. 1989. An ultrastructural study of vegetative cells, encystment, and mature statospores in *Spiniferomonas bourrellyi* (Chrysophyceae). – Nova Hedwigia. Beih. 95: 71–79.

Voloshko L.N. 2016. Chrysophycean algae (Chrysophyta) in waterbodies of the Northwestern Russia. Diversity of stomatocysts. – Bot. Zhurn. 101(11): 1257–1281 (In Russ.). https://doi.org/10.1134/S0006813616110016

Wołowski K., Piątek J., Płachno B.J. 2011. Algae and stomatocysts associated with carnivorous plants. First report of chrysophyte stomatocysts from Virginia, USA. – Phycologia. 50(5): 511–519. https://doi.org/10.2216/10-94.1

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.

Zeeb B.A., Smol J.P., Vanlandingham S.L. 1996. Pliocene chrysophycean stomatocysts from the Sonoma volcanics, Napa County, California. – Micropaleontol. 42: 79–91.