

## К МОРФОЛОГИИ И ТАКСОНОМИИ *MERIDION CIRCULARE* (BACILLARIOPHYTA)

© 2021 г. С. И. Генкал<sup>1,\*</sup>, С. Ф. Комулайнен<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
п. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Россия

<sup>2</sup> Институт биологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910, Россия

\*e-mail: genkal@ibiw.ru

\*\*e-mail: komsf@mail.ru

Поступила в редакцию 18.05.2020 г.

После доработки 13.08.2021 г.

Принята к публикации 24.08.2021 г.

Изучение морфологии *Meridion circulare* var. *circulare* и *M. circulare* var. *constrictum* из небольшого озера Ламба (Карелия) с помощью сканирующей электронной микроскопии выявило значительную изменчивость длины и ширины створки, числа ребер и штрихов в 10 мкм, формы створки и ее концов, разное расположение двугубого выроста и ориентация его щели. Совпадение диапазонов количественных признаков у этих разновидностей, наличие переходных форм, наличие аналогичной изменчивости формы створки в большинстве других родов бесшовных диатомовых водорослей позволили считать *M. circulare* var. *constrictum* конспецифичным *M. circulare* var. *circulare*. Приводится расширенный диагноз *M. circulare*.

**Ключевые слова:** Bacillariophyta, *Meridion circulare* var. *circulare*, *Meridion circulare* var. *constrictum*, электронная микроскопия, морфология, таксономия

**DOI:** 10.31857/S000681362111003X

*Meridion circulare* Ag. относится к широко распространенным видам (Zabelina et al., 1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Kulikovskiy et al., 2016; Lange-Bertalot et al., 2017 и др.). У этого вида, кроме типовой, описана еще разновидность — *M. circulare* var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck (Zabelina et al., 1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Kulikovskiy et al., 2016), которая недавно восстановлена в ранге самостоятельного вида *M. constrictum* Ralfs (Lange-Bertalot et al., 2017; Peeters, Ector, 2017). Согласно опубликованным диагнозам, главное отличие между этими разновидностями заключается в форме головного конца створки. У var. *circulare* он широко закругленный, а у var. *constrictum* — головчатый (Zabelina et al., 1951), клювовидный (Kulikovskiy et al., 2016) или субголовчатый (Lange-Bertalot et al., 2017). Обе разновидности имеют один двугубый вырост на головчатом конце створки (Kulikovskiy et al., 2016).

Цель исследования — изучение морфологической изменчивости *M. circulare* в фитопланктоне мезотрофного озера Ламба (Карелия) с массовым присутствием этого вида.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужил фитопланктон озера, собранный в августе 2018 г.

Озеро расположено в северо-западной части г. Петрозаводска (61°48.428' с.ш. и 34°14.967' в.д.). Площадь зеркала составляет 1.4 га, средняя глубина 3.4 м. Котловина имеет простое строение. Берега водоема низкие, заболоченные, со сплавиными. Из озера вытекает ручей, являющийся притоком р. Томицы, впадающей в оз. Логмозеро соединенное проливом с Онежским озером (Potakhin, 2011).

По данным микробиологического анализа, воды оз. Ламба соответствует статусу мезотрофного водоема; установлен высокий уровень загрязнения воды органическим веществом (Макарова et al., 2017).

Для оз. Ламба характерна высокая цветность воды (82–176 Pt°), пониженные значения рН (6.9–7.1), средняя минерализация (48–82 мг/л) и низкая прозрачность (≈1.5 м). Концентрации общего фосфора и суммы минерального азота в воде в течение года колебались в пределах 42–180 мкг Р/л и 0.5–1.7 мг N/л.

**Таблица 1.** Диапазоны изменчивости количественных морфологических признаков *Meridion circulare* var. *circulare* и *M. circulare* var. *constrictum* соответственно литературным данным**Table 1.** Ranges of variation in morphological quantitative characteristics of *Meridion circulare* var. *circulare* and *M. circulare* var. *constrictum* according to published data

Длина створки, мкм Length of valve, $\mu\text{m}$	Ширина створки, мкм Width of valve, $\mu\text{m}$	Число ребер в 10 мкм Number of costae in 10 $\mu\text{m}$	Число штрихов в 10 мкм Number of striae in 10 $\mu\text{m}$	Источник References
12–80/12–80	4–8/4–8	3–5/3–5	15	Hustedt, 1930
12–80/12–80	4–8/4–8	3–5/3–5	15/15	Zabelina et al., 1951
12–80/12–80	4–8/4–8	3–5/3–5	15–16/15–16	Patrick, Reimer, 1966
10–82/10–82	4–8/4–8	2–5/2–5	12–16/12–16	Krammer, Lange-Bertalot, 1991
29–42/–	5.7–8/–	4–6/–	20/–	Genkal, 1992
8.2–50/–	3.4–7.5/–	4–6/–	20–35**/–	Genkal, Vekhov, 2007
23.6–60/16.3–45.7	4.5–10/4.2–9.8	2–5/3–8	13–21/16–24	Genkal, Trifonova, 2009
10–80/21.4–40	5–9.5/5–8.8	4–6/3–6	14–16/18–25	Kharitonov, Genkal, 2012
13.6–66.6/33–53	5–8.6/7.1–8.4	3–5/3–4	16–18/–	Genkal et al., 2015
10–82/–	4–8/–	–	12–16/–	Kulikovskiy et al., 2016
20.3–36/16.6–55.7	5.4–7.2/5–8	2.3–3.7/3.2–5.6	13.8–18.7/13.3–22.9	Chudaev, Gololobova, 2016
10–82/10–82*	4–8/4–8*	2–5/2–5*	12–16/12–16*	Lange-Bertalot et al., 2017
10–82/10–82*	4–8/4–8*	2–5/2–5*	–	Peeters, Ector, 2017
30–64.6/–	6.7–7.1/–	3–4/–	–	Genkal, Yarushina, 2018
<b>13–84.4/15–66.7</b>	<b>6.7–12.2/5.5–11</b>	<b>3–5/2.5–4</b>	<b>15–20/15–25</b>	<b>Наши данные Original data</b>

Примечание. Слева от черты – значения для *M. circulare* var. *circulare*, справа от черты – для *M. circulare* var. *constrictum*, \* – *M. constrictum*, \*\* – уточненное значение 35, в работе Генкала, Вехова (2007) приводится цифра 40.

Note. On the left of the slash: values for *M. circulare* var. *circulare*, on the right of the slash: values for *M. circulare* var. *constrictum*, \* – *M. constrictum*, \*\* – 35 is a specified value; Genkal and Vekhov (2007) gave the value 40.

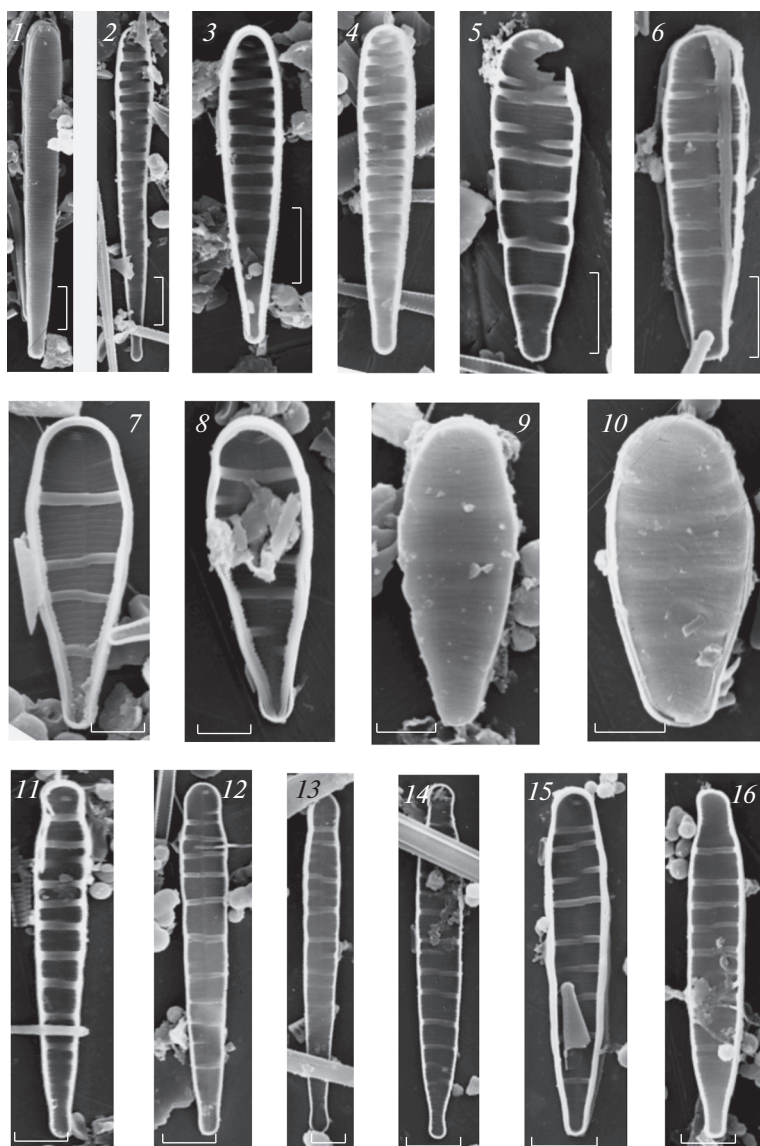
Освобождение створок диатомей от органических веществ проводили методом холодного сжигания (Валопов, 1975). Препараты водорослей исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM–25S.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В фитопланктоне оз. Ламба *M. circulare* относится к массовым видам (0.2–0.4 млн кл/л, 10–12% от суммарной численности). В исследованной популяции у типовой разновидности длина створки варьировала в диапазоне 13–84.4 мкм, ширина – 6.7–12.2 мкм, число ребер – 3–5 в 10 мкм, число штрихов – 15–20 в 10 мкм. У var. *constrictum* длина створки варьировала в диапазоне 15–66.7 мкм, ширина – 5.5–11 мкм, число ребер – 2.5–4 в 10 мкм, число штрихов – 15–25 в 10 мкм. Диапазоны изменчивости количественных морфологических признаков у исследованных разновидностей *M. circulare* совпали с литературными данными, за исключением максимального значения длины створки и числа штрихов в 10 мкм и минимального значения ширины створки (табл. 1).

В литературе отсутствуют сведения по числу ареол в 10 мкм штриха и их форме. По нашим данным ареолы округлой или овальной формы, и у *M. circulare* var. *circulare* их число варьировало от 65 до 75, а у *M. circulare* var. *constrictum* – от 65 до 80, что не является значимым отличием.

Форма створки *M. circulare* var. *circulare* в основном соответствует описанию (Zabelina et al., 1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Kulikovskiy et al., 2016; Lange-Bertalot et al., 2017; Peeters, Ector, 2017), но по форме головного конца встречались переходные формы, которые, по нашему мнению, трудно точно отнести к одной из разновидностей (рис. 1, 5–9). Такие формы для *M. circulare* var. *circulare* приводят Peeters, Ector (2017, Fig. 5), для *M. circulare* var. *constrictum* приводят Chudaev, Gololobova (2016, Табл. 37: 7, 15), для *M. constrictum* – Peeters, Ector (2017, Fig. 9). На иллюстрациях первоописания *M. circulare* var. *constrictum* створки имеют хорошо выраженные головчатые концы (Ralfs, 1843). В последующих публикациях показана аналогичная и более широкая вариабельность головчатости головного конца *M. circulare* var. *constrictum*, (Zabelina et al., 1951; Krammer,

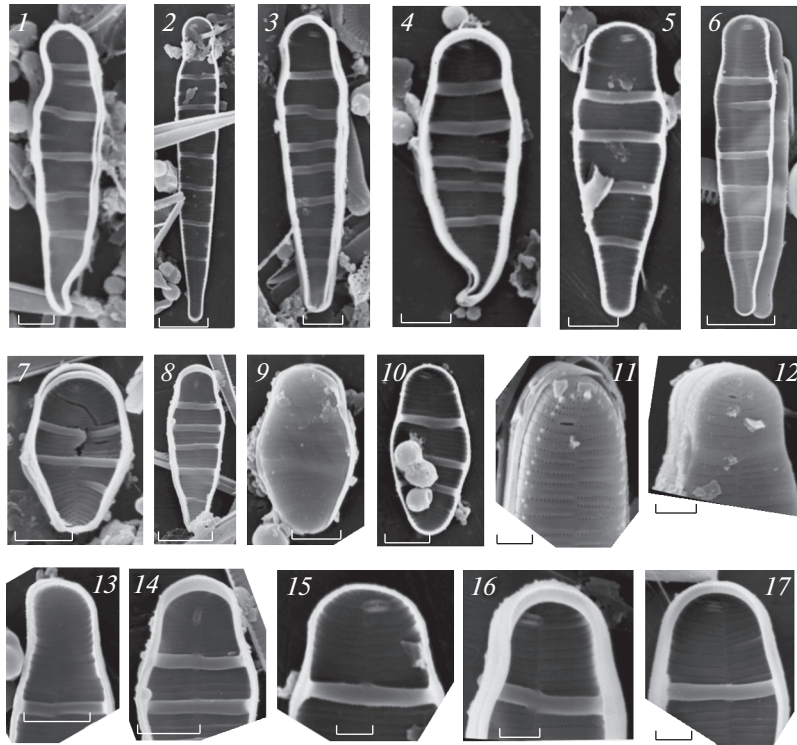


**Рис. 1.** 1–10 – *Meridion circulare* var. *circulare*; 11–16 – *M. circulare* var. *constrictum* (СЭМ). 1, 9, 10 – створка с наружной поверхности; 2–8, 11–16 – створка с внутренней поверхности. Масштаб: 1–6, 8, 11–16 – 10 мкм; 7, 9, 10 – 5 мкм.

**Fig. 1.** 1–10 – *Meridion circulare* var. *circulare*; 11–16 – *M. circulare* var. *constrictum* (SEM). 1, 9, 10 – external view of the valve; 2–8, 11–16 – internal view of the valve. Scale bars: 1–6, 8, 11–16 – 10  $\mu\text{m}$ ; 7, 9, 10 – 5  $\mu\text{m}$ .

Lange-Bertalot, 1991; Kulikovskiy et al., 2016; Lange-Bertalot et al., 2017; Peeters, Ector, 2017), что соответствует нашим данным (рис. 1, 11–16; 2, 1–6, 8). Форма базального конца створки у этой разновидности на нашем материале также варьирует от закругленного до хорошо выраженного головчатого (рис. 1, 11–16; 2, 2, 3, 5, 6), что соответствует иллюстрациям в работе Krammer, Lange-Bertalot (1991, Taf. 101, figs 8–14). При этом вид клетки этих разновидностей со стороны пояса как в СМ, так и в СЭМ, различить невозможно (Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Chudaev, Gololobova, 2016; Peeters, Ector, 2017).

Форма концов створки варьирует и у других представителей бесшовных диатомовых водорослей. Головной конец у створок *Asterionella formosa* Hassal варьирует от слегка расширенного до головчатого (Krammer, Lange-Bertalot, 1991, Taf. 103, figs 4–8), также как у *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (Genkal, Trifonova, 2009, Табл. XXXI, 1–4). У *Diatoma tenue* Ag. концы створки также варьируют от широко закругленных до головчатых, по аналогии со створками у *D. anceps* (Ehr.) Grunow, *Fragilaria incognita* Reichardt (Krammer, Lange-Bertalot, 1991, Taf. 102, figs 5–10; Taf. 118, figs 1–7) и *Fragilariforma bicapitata* (A. Mayer) Williams et Round (Lange-Bertalot et al., 2017, Pl. 7,



**Рис. 2.** 1–10, 12–16 – *Meridion circulare* var. *constrictum*; 11, 17 – *M. circulare* var. *circulare* (СЭМ). 1–8, 10, 13–17 – створка с внутренней поверхности; 9, 11, 12 – створка с наружной внутренней поверхности. Масштаб: 1, 3–5, 7, 9, 10, 13, 14 – 5 мкм; 2, 6, 8 – 10 мкм; 11, 12, 15–17 – 2 мкм.

**Fig. 2.** 1–10, 12–16 – *Meridion circulare* var. *constrictum*; 11, 17 – *M. circulare* var. *circulare* (SEM). 1–8, 10, 13–17 – internal view of the valve; 9, 11, 12 – external view of the valve. Scale bars: 1, 3–5, 7, 9, 10, 13, 14 – 5  $\mu\text{m}$ ; 2, 6, 8 – 10  $\mu\text{m}$ ; 11, 12, 15–17 – 2  $\mu\text{m}$ .

Figs 11–15). В культуре *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. наблюдались створки булавовидной формы с широкими концами (Skabichevskiy, 1959), сходные с таковыми *M. circulare* var. *circulare* и *M. circulare* var. *constrictum* (Skabichevskiy, 1960, Рис. 77, п-q). В исследованном материале также встречались створки тератологической формы (Табл. II, 1, 4), и сходные с таковыми у *Diatoma tenue* (Genkal, 2004; Genkal, Trifonova, 2009). Нами встречены створки (рис. 1, 10), сходные по количественным признакам и форме с *Diatoma anceps* (Krammer, Lange-Bertalot, 1991, Taf. 102, figs 5–10). Некоторые почти овальные створки (рис. 2, 9, 10) очень сходны с *Diatoma mesodon* (Ehr.) Kützing (Krammer, Lange-Bertalot, 1991, Taf. 99, figs 4–12). Такие створки зафиксированы и в других водных экосистемах, и отнесены к *M. circulare* var. *circulare* (Genkal, Vekhov, 2007, 2007, Табл. 15, 5). Створки аналогичной формы наблюдаются и у представителей бесшовных диатомовых водорослей: *Diatoma vulgaris*, *D. moniliformis*, *D. tenue*. При этом с уменьшением длины створки меняется ее форма от линейной до овальной (Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Genkal, 2004; Genkal, Vekhov, 2007).

На створках *M. circulare* var. *circulare* и *M. circulare* var. *constrictum* отмечен один двугубый вырост (Kulikovskiy et al., 2016), что нами также подтверждено (рис. 1, 3–5, 7, 8, 11–13, 15; рис. 2, 1–8, 10–12, 14–15), но иногда он отсутствовал (рис. 2, 13). По литературным данным двугубый вырост располагается эксцентрично у края створки на головном конце, и щель выроста ориентирована параллельно краю створки (Round et al., 1990; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Genkal, Vekhov, 2007; Genkal, Trifonova, 2009; Peeter, Ector, 2017; Genkal, Yarushina, 2018). На нашем материале вырост также наблюдался преимущественно в этой части створки с такой же ориентацией (рис. 1, 3–5, 7, 8, 11–13, 15; рис. 2, 1–7, 10–12, 15–17), иногда в центре головного конца (рис. 1, 3–5, 7, 11; рис. 2, 6, 14, 17). На отдельных створках щель была ориентирована перпендикулярно краю створки (рис. 2, 8, 14).

На некоторых створках на границе с загибом створки имеются небольшие шипики (рис. 2, 11), или они отсутствовали (рис. 1, 9, 10; рис. 2, 9, 12), что согласуется с литературными данными (Round et al., 1990; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Genkal, Trifonova, 2009; Genkal et al., 2011, 2015;

Kharitonov, Genkal, 2012; Chudaev, Gololobova, 2016; Peeter, Ector, 2017; Genkal, Yarushina, 2018).

Следует отметить, что зафиксированы многочисленные находки *M. circulare* var. *circulare* вместе с *M. circulare* var. *constrictum* (Zabelina et al., Genkal, Trifonova, 2009; Kharitonov, Genkal, 2012; Genkal, 2015; Chudaev, Gololobova, 2016; Lange-Bertalot et al., 2017).

Ниже приведено подробное описание *M. circulare* с учетом наших и литературных данных.

*Meridion circulare* (Greville) C. Agardh 1831, *Consp. criticus diatomacearum*. Part 3: 40, emend. Genkal et Komulaynen (рис. 1, 2).

≡ *Echinella circularis* Greville 1823, *Scottish Cryptogamic Flora, or coloured figures and descriptions of cryptogamic plants, belonging chiefly to the order Fungi; and intended to serve as a continuation of English botany* 6: pl. 35.

≡ *Meridion constrictum* Ralfs 1843, *Annals and Magazine of Natural History* 12 (sup. 80): 458, pl. 18, fig. 2.

≡ *Meridion circulare* var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck 1880, *Synopsis des Diatomées de Belgique Atlas*: 51, figs 14, 15.

Клетки образуют веерообразные колонии. Створки линейно-булавовидные, редко почти линейные или овальные. Головной конец широко закругленный, головчатый, субголовчатый, клювовидный. Базальный конец сильно суженный, варьирует от закругленного до головчатого. Длина створки 8.2–84.4 мкм, ширина 3.4–12.2 мкм. Осевое поле узкое, линейное. Ребер 2–8 в 10 мкм, однорядных штрихов 12–35 в 10 мкм, ареолы круглой или овальной формы, 65–80 в 10 мкм. Один двугубый вырост находится у головного конца, и его щель ориентирована параллельно краю конца створки, иногда перпендикулярно. На границе лицевой части створки с ее загибом имеются или отсутствуют небольшие шипики.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственных заданий по темам “Систематика, разнообразие и филогения водных автотрофных организмов России и других регионов мира” (№ АААА-А18-118012690095-4), “Закономерности функционирования и динамики сообществ гидробионтов водных экосистем Европейского Севера” (№ г.р. АААА-А17 11031710040-9).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Balonov] Балонов И.М. 1975. Подготовка водорослей к электронной микроскопии. — В кн.: Методика изучения биогеоценозов. М. С. 87–89.

[Chudaev, Gololobova] Чудаев Д.А., Гололобова М.А. 2016. Диатомовые водоросли озера Глубокого (Московская область). М. 447 с.

[Genkal] Генкал С.И. 1992. Атлас диатомовых водорослей планктона реки Волги. СПб. 128 с.

Genkal S.I. 2004. Morphological variability and taxonomy of *Diatoma tenue* Ag. (Bacillariophyta). — *Intern. J. Algae*. 6 (4): 319–330. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v6.i4.20>

[Genkal et al.] Генкал С.И., Бондаренко Н.А., Щур Л.А. 2011. Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири. Рыбинск. 72 с.

[Genkal et al.] Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. 2015. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. М. 202 с.

[Genkal, Trifonova] Генкал С.И., Трифонова И.С. 2009. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск. 72 с.

[Genkal, Vekhov] Генкал С.И., Вехов Н.В. 2007. Диатомовые водоросли водоемов Русской Арктики. М. 64 с.

[Genkal, Yarushina] Генкал С.И., Ярушина М.И. 2018. Диатомовые водоросли слабоизученных водных экосистем Крайнего Севера Западной Сибири. М. 212 с.

Hustedt F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). — *Die Susswasser-Flora Mitteleuropas*. Jena. Hft 10. 466 S.

[Kharitonov, Genkal] Харитонов В.Г., Генкал С.И. 2012. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан. 402 с.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. — *Sußwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/3. Stuttgart, Jena. 576 s.

[Kulikovskiy et al.] Куликовский М.С., Глушенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. 2016. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль. 804 с.

Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. Freshwater benthic diatoms of Central Europe. *Schmitten-Oberreifenberg*. 942 p.

[Makarova et al.] Макарова Е.М., Слукровский З.И., Медведев А.С., Новицкий Д.Г. 2017. Оценка качества воды малых озер г. Петрозаводска по показателям бактериопланктона в подледный период. — *Учен. зап. Петрозаводского гос. ун-та*. 6(167): 72–77.

Patrick R., Reimer Ch.W. 1966. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. *Entomoneidaceae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, Epithemiaceae*. — *Monogr. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*. 1 (13): 1–688.

Peeters V., Ector L. 2017. Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon. Volume 1: Centriques, Araphidées. *Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-France-Comté*. 309 p.

[Potakhin] Потахин М.С. 2011. Морфологические особенности водоемов г. Петрозаводска. — В кн.: Матер. IV школы-конференции молодых ученых с международным участием (26–28 августа 2011 г.) “Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана”.



- Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 180–183.
- Ralfs J. 1843. On the British species of *Meridion* and *Gomphonema*. — Ann. Mag. Nat. Hist. 12 (sup. 80): 457–467, pl. 18.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. Diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge. 747 p.
- [Skabichevskiy] Скабичевский А.П. 1959. Изменчивость некоторых видов диатомовых водорослей в чистой культуре. — Бот. мат-лы Отд. спор. раст. БИН АН СССР. 12: 46–57.
- [Skabichevskiy] Скабичевский А.П. 1960. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. Систематика, экология и распространение. М. 350 с.
- [Zabelina et al.] Забелина М.М., Киселев И.А., Прошина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. 1951. Диатомовые водоросли. М. 619 с.

## TO THE MORPHOLOGY AND TAXONOMY OF *MERIDION CIRCULARE* (BACILLARIOPHYTA)

S. I. Genkal<sup>a,#</sup> and S. F. Komulaynen<sup>b,##</sup>

<sup>a</sup> Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS  
Borok, Nekouzskii Distr., Yaroslavl Region, 152742, Russia

<sup>b</sup> Institute of Biology of Karelian Research Centre RAS  
Pushkinskaya Str., 11, Petrozavodsk, 185910, Russia

<sup>#</sup>e-mail: genkal@ibiw.ru

<sup>##</sup>e-mail: komsf@mail.ru

The electron microscopy study of the valve morphology of *Meridion circulare* var. *circulare* and *M. circulare* var. *constrictum* from the small lake Lamba (Karelia) has revealed a significant variation in the valve length and width, number of costae and striae in 10 µm. A high variability in the shape of the valve and its ends, different position of the rimoportula and orientation of its fissure have also been shown. Coincidence of the ranges of quantitative characteristics in the varieties under study, the presence of transition forms and a similar variability of the valve shape in the majority of other genera of seamless diatoms implies that *M. circulare* var. *constrictum* is conspecific with *M. circulare* var. *circulare*. Based on the original and published data, an emended description of *M. circulare* is presented.

**Keywords:** Bacillariophyta, *Meridion circulare* var. *circulare*, *M. circulare* var. *constrictum*, electron microscopy, morphology, taxonomy

### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was carried out as part of state assignments “Systematics, diversity and phylogeny of aquatic autotrophic organisms in Russia and other regions of the world” (No. AAAA-A18-118012690095-4), and “Regularities of the functioning and dynamics of aquatic ecosystems communities of the European North” (No. AAAA-A17 11031710040-9).

### REFERENCES

- Balonov I.M. 1975. Podgotovka vodorosley k elektronnoy mikroskopii [Preparation of algae for electron microscopy]. — In: Metodika izucheniya biogeotsenozov. Moscow. P. 87–89 (In Russ.).
- Chudaev D.A., Gololobova M.A. 2016. Diatomovye vodorosli ozera Glubokogo (Moskovskaya oblast') [Diatom algae in Lake Glubokoe (Moscow Region)]. Moscow. 447 p. (In Russ.).
- Genkal S.I. 1992. Atlas diatomovykh vodorosley planktona reki Volgi [The Atlas of Diatom Algae of the Volga River Plankton]. St. Petersburg. 128 p. (In Russ.).
- Genkal S.I. 2004. Morphological variability and taxonomy of *Diatoma tenue* Ag. (Bacillariophyta). — Intern. J. Algae. 6 (4): 319–330.  
<https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v6.i4.20>
- Genkal S.I., Bondarenko N.A., Shchur L.A. 2011. Diatomovye vodorosli ozer yuga i severa Vostochnoiy Sibiri [Diatoms of lakes in the south and north of Eastern Siberia]. Moscow. 202 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A., Komulaynen S.F. 2015. Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia. Moscow. 202 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Trifonova I.S. 2009. Diatom algae of the plankton of Lake Ladoga and water-bodies of its basin. Rybinsk. 72 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Vekhov N.V. 2007. Diatomovye vodorosli vodoemov Russkoy Arktiki: arhipelag Novaya Zemlya i ostrov Vaygach [Diatom algae of water bodies in the Russian Arctic: Novaya Zemlya Archipelago and Vaygach island]. Moscow. 64 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2018. Diatom algae of poorly studied aquatic ecosystem in the Far North of Western Siberia. Moscow. 212 p. (In Russ.).
- Hustedt F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). — Die Susswasser-Flora Mitteleuropas. Jena. Heft 10. 466 s.
- Kharitonov V.G., Genkal S.I. 2012. Diatoms of the Elgygytyn Lake and its vicinities (Chukotka). Magadan. 402 p. (In Russ.).

- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. — Sußwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/3. Stuttgart, Jena: 576 s.
- Kulikovskiy M.S., Glushchenko A.M., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. 2016. Identification book of diatoms from Russia. Yaroslavl'. 804 p. (In Russ.).
- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. Freshwater benthic diatoms of Central Europe. Schmitten-Oberreifenberg. 942 p.
- Makarova E.M., Slukovsky Z.I., Medvedev A.S., Novitsky D.G., 2017. Otsenka kachestva vody malykh ozer g. Petrozavodska po pokazatelyam bakterioplanktona v podlednyy period. [Water quality assessment of small lakes in Petrozavodsk by bacterioplankton indicators in the ice period]. — Uchenyye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 6 (167): 72–77 (In Russ.).
- Patrick R., Reimer Ch.W. 1966. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Entomoneidaceae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, Epithemiaceae. Monogr. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. 1 (13): 1–688.
- Peeters V., Ector L. 2017. Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon. Volume 1: Centriques, Araphidées. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-France-Comté. 309 p.
- Potakhin M.S. 2011. Morfologicheskiye osobennosti vodoyemov g. Petrozavodska [Morphological features of the reservoirs of Petrozavodsk]. — In: Materialy IV Shkoly-konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiyem (26–28 avgusta 2011 g.) "Vodnaya sreda i prirodno-territorial'nyye kompleksy: issledovaniye, ispol'zovaniye, okhrana". Petrozavodsk. P. 180–183 (In Russ.).
- Ralfs J. 1843. On the British species of *Meridion* and *Gomphonema*. — Ann. Mag. Nat. Hist. 12 (sup.80): 457–467, pl. 18.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. Diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge. 747 p.
- Skabichevskiy A.P. 1959. Izmenchivost nekotorykh vidov diatomovykh vodorosley v chistoy kulture [Variability of some species of diatom algae in pure culture]. — Bot. Mat. Otd. Spor. Rast. AN SSSR. 12: 46–57 (In Russ.).
- Skabichevskiy A.P. 1960. Planktonnyye diatomovye vodorosli presnykh vod SSSR. Sistematika, ekologiya i rasprostraneniye [Planktonic Diatom Algae of the USSR Freshwaters. Systematics, Ecology and Distribution]. Moscow. 350 p. (In Russ.).
- Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. 1951. Diatomovye vodorosli [Diatoms]. Moscow. 619 p. (In Russ.).