

МОРФОЛОГИЯ *SEMIORBIS HEMICYCLUS* (EHRENBERG) R. M. PATRICK (BACILLARIOPHYTA) — РЕДКОГО ВИДА ДЛЯ ФЛОРЫ РОССИИ**С. И. Генкал^{1,*}, С. Ф. Комулайнен²**¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, 152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н; e-mail: *genkal47@mail.ru²Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук, 185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Поступила в редакцию 22.01.2025

С помощью сканирующей электронной микроскопии проведено изучение морфологических особенностей панциря диатомовой водоросли *Semiorbis hemicyclus* из оз. Пизанец (республика Карелия). Исследованы количественные (длина и ширина створки, число штрихов) и качественные (форма створки, расположение и строение штрихов и шва) признаки. Оригинальные и литературные данные позволили расширить диагноз этого вида.

Ключевые слова: республика Карелия, озеро Пизанец, Bacillariophyta, *Semiorbis hemicyclus*, электронная микроскопия, морфология.

DOI: 10.47021/0320-3557-2025-29-33

ВВЕДЕНИЕ

Род *Semiorbis* R.M. Patrick описан в 1966 г. [Patrick, Reimer, 1966], и для России известен один вид *S. hemicyclus* (Ehrenberg) Patrick [Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016)]. В одной из первых систематических сводок по диатомовым водорослям вид *Amphicampa hemicyclus* (Ehrenberg) Karsten (= *Semiorbis hemicyclus*) относится к северо-альпийским видам, обитающим на дне, реже среди обрастающих в озерах, болотах, прудах и ручьях и известен в озерах Мурманской области и Карело-Финской ССРСР [Определитель..., 1951 (Opredelitel..., 1951)]. Куликовский и др. [2016] также отмечают, что это редкий бореальный вид, характерный для холодноводных олиготрофных и дистрофных водоемов. Конкретные местонахождения этого вида в Карелии отмечены в ряде публикаций: р. Кузема и оз. Суоярви [Комулайнен и др., 2006 (Komulaunen et al., 2006)], р. Орчежоя [Генкал и др., 2015 (Genkal et al., 2015)], оз. Пизанец [Генкал,

Комулайнен, 2023 (Genkal, Komulaunen, 2023)]. Также известна находка вида на Кольском п-ве в оз. Солдатское [Gronlund, Kauppi, 2002]. Морфология *S. hemicyclus* по данным световой микроскопии и световые иллюстрации описаны в ряде публикаций [Определитель..., 1951 (Opredelitel..., 1951); Krammer, Lange-Bertalot, 1991]; Reid, Williams, 2010; Генкал и др., 2015 (Genkal et al., 2015); Edlund, Burge, 2015; Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016); Edlund et al., 2021]. Иллюстраций СЭМ этого вида немного, преимущественно наружной поверхности створки [Round et al., 1990; Генкал и др., 2015 (Genkal et al., 2015); Edlund, Burge, 2015; Генкал, Комулайнен, 2023 (Genkal, Komulaunen, 2023)], а внутренней — только в одной публикации [Round et al., 1990].

Цель исследования — изучение морфологии диатомовой водоросли *S. hemicyclus* в популяции из оз. Пизанец.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Озеро Пизанец расположено в Медвежьегорском районе Республики Карелии (N 63°12.868', E 32°57.911'). Высота над уровнем моря — 178 м. Площадь озера 0.825 км², длина — 5.7 км, средняя ширина — 145 м. Рельеф дна сложный; максимальная глубина в центральной части до 70 м. Литоральная зона фактически отсутствует. Вода в озере слабо-минерализованная ($\Sigma_{\text{ион}}=8.5$ мг/л), гидрокарбонатного класса, группы кальция, слабокислая (pH=6.1), с цветностью 65 град. по Pt-Co шкале. Озеро мезотрофное ($P_{\text{общ}}=16$ мкг/л), мезогумусное (гумусность=15 ед.). Отмечена повышенная концентрация $Fe_{\text{общ}}$ (0.18 мг/л),

что является особенностью вод региона, а не показателем их загрязнения [Лозовик, 2013 (Lozovik, 2013)]. Сбор альгологического материала проводили 2–3 августа 2020 г.: пробы микрофитобентоса отбирали дночерпателем ДАК 250 с песчаных и илистых грунтов (5–7 м), пробы фитоперифитона смывали водой, счищали скальпелем или зубной щеткой с макрофитов, древесины и камней (0–0.7 м). Створки диатомей освобождали от органического вещества методом холодного сжигания [Балонов, 1975 (Balonov, 1975)]. Приготовленные препараты изучали в сканирующем электронном микроскопе JSM-6510LV.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованном материале у *Semiorbis hemicyclus* наблюдали полулунные створки, концы суженные, тупо закругленные. На створках имеются поперечные ребра, между которыми располагаются однорядные штрихи, ближе к дорсальной части двухрядные. Штрихи состоят из небольших неравномерно расположенных круглых пороидов. Ребра оканчиваются уплощенными шипами, расположенными ближе к загибу створки. С внутренней стороны на вентральной стороне конца створки имеется небольшая прямая щель, по одной на каждом конце, которые оканчиваются редуцированной хеликтоглоссой. С наружной поверхности шов заканчивается щелью, изгибающейся к поверхности створки. Длина створки варьирует от 23.5 до 36 мкм, ширина — от 3.4 до 5 мкм, число штрихов в 10 мкм на вентральной стороне — 14, на дорсальной — от 10 до 12. Все перечисленные выше качественные и количественные морфологические признаки соответствуют диагнозу [Reid, Williams, 2010] и ряду литературных данных (табл. 1). Вместе с тем, популяция из оз. Пизанец значительно отличается от популяций из озер Норвегии и Канады по размерным признакам створки и числу штрихов в 10 мкм (табл. 1). Различия, вероятнее всего, обусловлены межпопуляционной изменчивостью, которая имеет место среди представителей Bacillariophyta [Генкал и др., 2007 (Genkal et al., 2007); Генкал, 2014 (Genkal, 2014); Genkal, Yarushina 2017, 2018, 2019; Генкал, Ярушина, 2020 (Genkal, Yarushina, 2020)]. Выявленные различия позволяют нам расширить диагноз этого вида.

Изменчивость морфологических признаков *Semiorbis hemicyclus*

Variability of morphological features of *Semiorbis hemicyclus*

Длина створки, мкм Length of valve, μm	Ширина створки, мкм Width of valve, μm	Число штрихов, 10 мкм Width of valve, μm	Источник References
20–40	3.4–4	9–10	Определитель..., 1951 (Opredelitel..., 1951) (как <i>Amphicampa hemicyclus</i>)
20–40	3–5.5	9–11	Krammer, Lange-Bertalot, 1991 (как <i>Eunotia hemicyclus</i>)
22–46	3.8–5	11–14	Reid, Williams, 2010
33	4.5	10	Генкал и др., 2015 (Genkal et al., 2015)
20–40	3–3.5	11 на дорсальной стороне, 14 на вентральной стороне	Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016)
18.7–37.4	3.4–4.7	8–16	Edlund et al., 2021 (популяция из Норвегии)
8.8–28.3	2.5–4.6	11–14	Edlund et al., 2021 (популяция из Канады)

Semiorbis hemicyclus (Ehrenberg) R.M. Patrick 1966 emend. Genkal et Komylaynen (см. рисунок).

Basionym: *Synedra hemicyclus* Ehrenberg 1840.

Synonyms: *Eunotia hemicyclus* (Ehrenberg) Ralfs 1861, *Ceratoneis hemicyclus* (Ehrenberg) Grunow 1865, *Pseudo-eunotia hemicyclus* (Ehrenberg) Grunow 1881.

Amphicampa hemicyclus (Ehrenberg) Karsten 1928.

Створки полулунные, концы суженные, тупо закругленные, длиной 8.8–46 мкм, шириной 2.5–5.5 мкм. На створках имеются поперечные ребра, между которыми располагаются однорядные штрихи, ближе к дорсальной части двухрядные, 10–14 в 10 мкм. Штрихи состоят из небольших неравномерно расположенных круглых пороидов. Ребра оканчиваются уплощенными шипами, расположенными ближе к загибу створки. С внутренней стороны на вентральной стороне конца створки имеется небольшая прямая щель (по одной на каждом конце), которые оканчиваются редуцированной хеликтоглоссой. С наружной поверхности шов заканчивается щелью, изгибающейся к поверхности створки.

Редкий бореальный вид, Россия, Северная Европа, Северная Америка. Предпочитает холодноводные олиготрофные и дистрофные водоемы.

По количественным признакам вид *Semiorbis hemicyclus* имеет сходство с *S. rotundus*, но последний отличается от первого сильно изогнутыми полукруглыми очертаниями, в отличие от более полулунной формы *S. hemicyclus* [Reid, Williams, 2010].

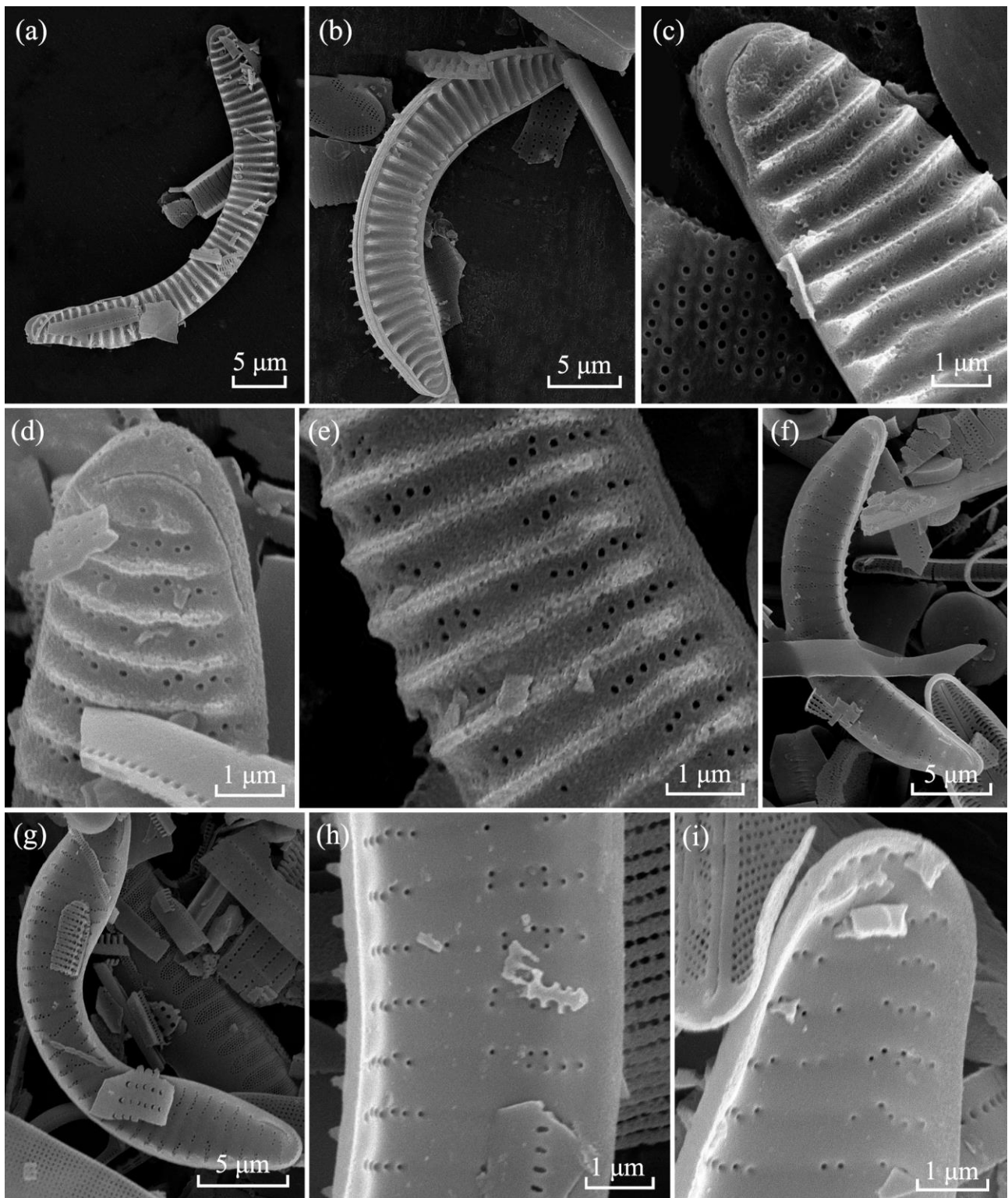


Рисунок. Электронные микрофотографии створок *Semiorbis hemicyclus* (СЭМ). а–е — створки с наружной поверхности, f–i — створки с внутренней поверхности.

Figure. Valves electron micrographs *Semiorbis hemicyclus* (SEM). a–e — external view of the valve, f–i — internal view of the valve.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ морфологических признаков ратурных данных позволил расширить диагноз *Semiorbis hemicyclus* из озера Пизанец и лите- вида.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам № 124032100076-2 и 122031700452-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балонов И.М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука. 1975. С. 87–89.
- Генкал С.И. К вопросу о морфологической изменчивости некоторых широко распространенных и редких видов рода *Navicula* (Bacillariophyta) // Новости систематики низших растений. 2014. Т. 48. С. 38–49. DOI: 10.31111/nsnr/2014.48.38.
- Генкал С.И., Комулайнен С.Ф. Диатомовые водоросли в альгоценозах озера Пизанец (республика Карелия) // Ботанический журнал. 2023. № 6. С. 534–546. DOI: 10.31857/S0006813623060042.
- Генкал С.И., Куликовский М.С., Стенина А.С. Изменчивость основных структурных элементов створки некоторых видов рода *Navicula* (Bacillariophyta) // Биология внутренних вод. 2007. № 2. С. 20–25.
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. М.: Научный мир, 2015. 202 с.
- Генкал С.И., Ярушина М.И. Виды рода *Genkalia* (Bacillariophyta) в России: морфология, таксономия, распространение // Ботанический журнал. 2020. Т.105, № 1. С. 3–14. DOI: 10.31857/S0006813620010081.
- Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006. 78 с.
- Куликовский М.С., Глущенко А.Н., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: “Филигрань”. 2016. 804 с.
- Лозовик П.А. Геохимическая классификация поверхностных вод гумидной зоны на основе их кислотно-основного равновесия // Водные ресурсы. 2013. № 40(6). С. 583–592. DOI: 10.7868/S0321059613060072.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М.: Советская наука, 1951. 619 с.
- Edlund M., Burge D. *Semiorbis*. In *Diatoms of North America*. 2015. Retrieved October 24, 2024, from <https://diatoms.org/genera/semiorbis>
- Edlund M.B., Burge D.R.L., Andersen N.A., Vandermeulen D.D., Stone J.R., Van de Vijver B. The genus *Semiorbis* (Eunotiaceae, Bacillariophyta) in North America // *Diatom Research*. 2021. Vol. 36, № 1. P. 37–48. DOI: 10.1080/0269249X.2021.1875053.
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Taxonomy, morphology and distribution of a rare species *Navicula schmassmannii* Hust. (Bacillariophyta) // *Int. J. Algae*. 2017. Vol. 19, Is. 3. P. 241–248. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v19.i3.40.
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Species of the genus *Geissleria* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy and distribution // *Inland Water Biology*. 2018. Vol. 11, № 4. P. 387–395. DOI: 10.1134/S1995082918040077.
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Species of the genus *Hippodonta* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy and distribution // *Int. J. Algae*. 2019. Vol. 21, № 3. P. 199–216. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v21.i3.10.
- Gronlund T., Kauppila T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary assemblages // *Boreas*. 2002. Vol. 31, № 3. P. 273–284.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart–Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. Band 2/3. 576 p.
- Patrick R., Reimer C.W. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii // *Monographs of the Academy of Natural Sciences Philadelphia*. 1966. Vol. 1, № 13. 688 p.
- Reid G., Williams D.M. Notes on the genus *Semiorbis* Patrick with a description of a new species // *Diatom Research*. 2010. Vol. 25, № 2. P. 355–365. DOI: 10.1080/0269249X.2010.9705856.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 747 p.

REFERENCES

- Balonov I.M. Metody izucheniya biogeocенозов vnutrennikh vodoemov. Podgotovka vodoroslej k elektronnoj mikroskopii [Preparation of algae for electron microscopy]. Moscow, Nauka, 1975, pp. 87–89. (In Russian)
- Edlund M., Burge D. *Semiorbis*. In *Diatoms of North America*. 2015. Retrieved October 24, 2024, from <https://diatoms.org/genera/semiorbis>
- Edlund M.B., Burge D.R.L., Andersen N.A., Vandermeulen D.D., Stone J.R., Van de Vijver B. The genus *Semiorbis* (Eunotiaceae, Bacillariophyta) in North America. *Diatom Research*, 2021, vol. 36, no. 1, pp. 37–48. doi: 10.1080/0269249X.2021.1875053.
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Taxonomy, morphology and distribution of a rare species *Navicula schmassmannii* Hust. (Bacillariophyta). *Int. J. Algae*, 2017, vol. 19, is. 3, pp. 241–248. doi: 10.1615/InterJAlgae.v19.i3.40.
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Species of the genus *Geissleria* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy and distribution. *Inland Water Biol.*, 2018, vol. 11, no. 4, pp. 387–395. doi: 10.1134/S1995082918040077.
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Species of the genus *Hippodonta* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy and distribution. *Int. J. Algae*, 2019, vol. 21, no. 3, pp. 199–216. doi: 10.1615/InterJAlgae.v21.i3.10.
- Gronlund T., Kauppila T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary assemblages. *Boreas*, 2002, vol. 31, no. 3, pp. 273–284.
- Genkal S.I. On morphological variability of some widespread and rare species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 2014, vol. 48, pp. 38–49. doi: 10.31111/nsnr/2014.48.38. (In Russian).
- Genkal S.I., Komulaynen S.F. Diatoms in algeoceneses of Pisanets Lake (Republic of Karelia). *Bot. Zhurn.*, 2023, vol. 108, no. 6, pp. 534–546. doi: 10.31857/S0006813623060042.

- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S., Stenina A.S. Variability of main structural elements of a valve of some species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta). *Biol. vnutr. vod*, 2007, no. 2, pp. 20–25. (In Russian)
- Genkal S.I., Chekryzheva S.A., Komulaynen S.F. Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia. Moscow, Scientific World, 2015. 202 p. (In Russian)
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Species of the Genus Genkalia (Bacillariophyta) in Russia: Morphology, Taxonomy, Distribution. *Bot. Zhurn.*, 2020, vol. 105, no. 1, pp. 3–14. doi: 10.31857/S0006813620010081.
- Komulaynen C.F., Chekruzhet T.A., Vislyanskaya I.G. Algot flora of lakes and rivers of Karelia. Taxonomic composition and ecology. Petrozavodsk, Karel'skiy nauchny'j centr RAN, 2006. 78 p. (In Russian)
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart–Jena, Gustav Fischer Verlag, 1991, Bd. 2/3. 576 p.
- Kulikovskiy M.S., Glushchenko A.N., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. Opredelitel' diatomovy'x vodoroslej Rossii [Identification book of diatoms from Russia]. Yaroslavl, Filigran, 2016. 804 p. (In Russian)
- Lozovik P.A. Geochemical classification of surface waters of the humid zone based on their acid-base equilibrium. *Water Resources*, 2013, vol. 40, no. 6, pp. 583–592. doi: 10.1134/S0097807813060067.
- Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Diatomovye vodorosli [Key to freshwater algae of the USSR. Diatom algae]. Moscow, Sovetskaya nauka, 1951. Is. 4. 619 p. (In Russian)
- Patrick R., Reimer C.W. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. *Monographs of the Academy of Natural Sciences Philadelphia*, 1966, vol. 1, no. 13. 688 p.
- Reid G., Williams D.M. Notes on the genus *Semiorbis* Patrick with a description of a new species. *Diatom Research*, 2010, vol. 25, no. 2, pp. 355–365. doi: 10.1080/0269249X.2010.9705856.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge, Cambridge University Press, 1990. 747 p.

MORPHOLOGY OF *SEMIORBIS HEMICYCLUS* (EHRENBERG) R. M. PATRICK (BACILLARIOPHYTA) — A RARE SPECIES FOR THE FLORA OF RUSSIA

S. I. Genkal^{1, *}, S. F. Komulaynen²

¹*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,
152742 Borok, Russia, e-mail: *genkal47@mail.ru*

²*Institute of Biology Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences
185910 Petrozavodsk, Russia*

Revised 22.01.2025

This electron microscopy study investigates morphological features of the shell of the diatom alga *Semiorbis hemicyclus* from Lake Pizanets (Republic of Karelia). Quantitative (valve length and width, number of striae) and qualitative (valve shape, position and structure of striae and raphe) characteristics are analyzed. Original and literature data make it possible to expand the diagnosis of this species.

Keywords: Republic of Karelia, Lake Pizanets, Bacillariophyta, *Semiorbis hemicyclus*, electron microscopy, morphology