

## Флора водоемов и водотоков

УДК 582.26:581.4

### МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНТЕРЕСНЫХ ДЛЯ ФЛОРЫ РОССИИ ВИДОВ РОДА *NAVICULA* (BACILLARIOPHYTA)

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

<sup>1</sup> Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,  
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н; \*e-mail: genkal47@mail.ru

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

Поступила в редакцию 15.12.2023

С помощью сканирующей электронной микроскопии исследована морфология представителей диатомовых водорослей *Navicula cryptocephala*, *N. metareichardtiana* и *N. upsaliensis* из фитоперифитона 6 притоков р. Свирь (бассейн Ладожского озера). Отдельные изученные количественные (ширина створки, число штрихов и линеол в 10 мкм) и качественные (форма центрального поля, расположение штрихов) и анализ литературных данных показали более широкую изменчивость, что позволило уточнить их диагнозы.

**Ключевые слова:** притоки р. Свирь (бассейн Ладожского озера), фитобентос, Bacillariophyta, *Navicula*, электронная микроскопия, морфологическая изменчивость.

DOI: 10.47021/0320-3557-2024-16-23

#### ВВЕДЕНИЕ

Представители рода *Navicula* имеют широкое распространение и обитают во всех типах экосистем [Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016)]. По данным некоторых исследователей для России известно более 60 видов этого рода [Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016)]. Изучение изменчивости диатомовых водорослей, ее направленность и границы чрезвычайно важны для систематики этой группы [Диатомовые..., 1974 (Diatomovye..., 1974)]. Изучению морфологической изменчивости створки у отдельных представителей диатомовых водорослей посвящено достаточно много публикаций [Генкал, 1983, 1984, 2014 (Genkal, 1983, 1984, 2014); Krammer, 2002; Генкал, Поповская, 2003 (Genkal, Popovskaya, 2003); Генкал, 2004; Генкал и др., 2007 (Genkal et al., 2007); Генкал, Ярушина, 2016 (Genkal, Yarushina, 2016); Генкал, Еремкина, 2022 (Genkal, Eremkina, 2022); Генкал, Габышев, 2023 (Genkal, Gabyshev, 2023) и др.]. Данных по морфологической изменчивости створки в отдельных популяциях предста-

вителей рода *Navicula* немного и изучение популяций широко известных и редких видов этого рода выявило более широкую изменчивость количественных (длина и ширина створки, число штрихов и линеол в 10 мкм) и качественных (форма створки и среднего поля) морфологических признаков по сравнению с литературными данными, а также значительное перекрытие диапазонов изменчивости количественных признаков у сходных видов [Генкал, 2014 (Genkal, 2014); Генкал, Ярушина, 2016 (Genkal, Yarushina, 2016); Генкал, Габышев, 2023 (Genkal, Gabyshev, 2023)]. Виды *N. cryptocephala* Kützing и *N. reichardtiana* Lange-Bertalot относятся к широко распространенным видам, а *N. upsaliensis* (Grunow) Peragallo имеет более ограниченный ареал [Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016)].

Цель исследования – изучение морфологической изменчивости широко распространенных и редких диатомовых водорослей рода *Navicula*.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужили пробы фитоперифитона из трех правых (Ивина, Усланка, Вазинка) и трех левых (Янега, Оять, Паша) притоков р. Свирь (бассейн Ладожского озера). Свирь – это река-протока, соединяющая Онежское и Ладожское озера. Река вытекает из Свирской бухты Онежского озера (61°00'32" с.ш. 35 29'30" в.д.) и впадает в Свирскую губу Ладожского озера (60 30'33" с.ш. 32 47'55" в.д.). Длина реки 224 км., а ширина изменяется

от 100 м до 10–12 км. Большая часть бассейна Свири принадлежит бассейну Онежского озера (74%) и расположена в пределах Карелии остальная – частному водосбору реки. Частный бассейн реки асимметричен и левые притоки доминируют над правыми. Он беден озерами, только в бассейне реки Усланки озерность приближается к 10%. В тоже время в питании рек постоянно принимают участие болотные воды. Поэтому значения рН харак-

терны для слабокислых и нейтральных вод и только в реках Оять и Паша отмечено ее незначительное подщелачивание.

Воды правых притоков Свири по минерализации относятся к ультрапресным (<100 мг/л), а левые маломинерализованным (100–200 мг/л). Отмечено низкое содержание азота и фосфора, что характеризует исследованные реки как олиготрофные.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*N. cryptocephala* (рис. а–е). В нашем материале встречались створки от ланцетных до узколанцетных. Концы постепенно сужаются до клювовидных, от субголовчатых до тупо закругленных, что соответствует литературным данным [Lange-Bertalot, 2001; Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016) и др.]. Длина створки варьировала от 17.8 до 48.7 мкм, что соответствует литературным источникам (см. таблицу). Диапазон изменчивости ширины створки (4.5–9.3 мкм) отличался от данным других исследователей в большую сторону (см. таблицу). Шов нитевидный, осевое поле узкое, центральное поле небольшое, округлое или поперечно вытянутое, эллиптическое, слегка ассиметричное. Штрихи сильно радиальные, у концов слабо конвергентные, 12–20 в 10 мкм, линеол 35–50 в 10 мкм, что совпадает с литературными источниками (см. таблицу).

*N. metareichardtiana* (рис. f–j). В исследованном материале створки имели ланцетную форму, концы преимущественно тупые, реже довольно остро закругленные, слабо оттянутые, что соответствует литературным данным

Освобождение створок диатомей от органического вещества проводили методом холодного сжигания [Балонов, 1975 (Balonov, 1975)]. Суспензию очищенных створок наносили на столик и высушивали при комнатной температуре, напыление проводили золотом в ионной напылительной установке Eiko IB 3. Приготовленные препараты изучали в сканирующем электронном микроскопе JSM-6510LV.

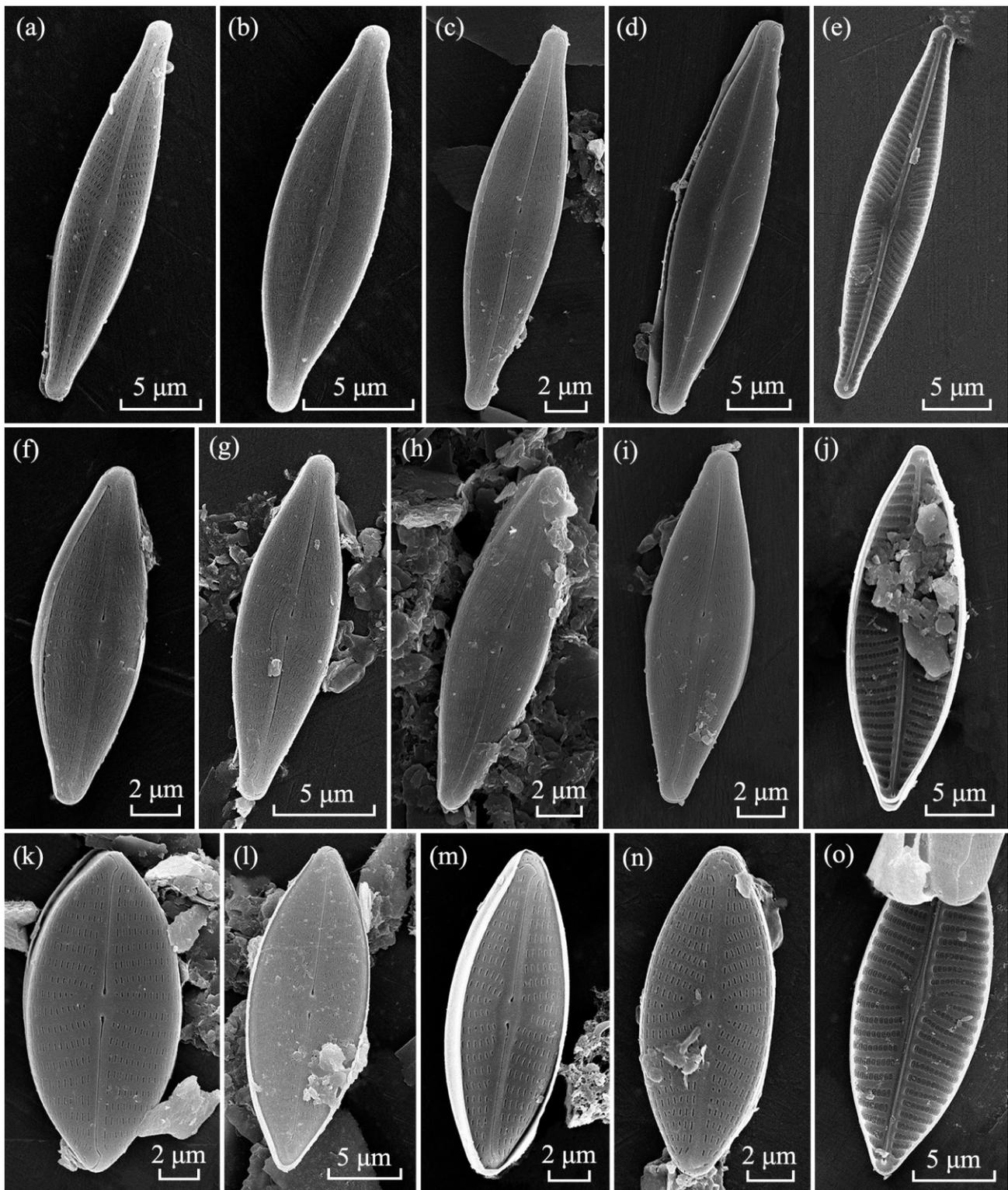
[Lange-Bertalot, 2001; Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al, 2016) и др.]. Длина створки варьировала от 14.3 мкм до 26.7 мкм и этот диапазон совпадает с данными других исследователей (см. таблицу). Ширина створки изменялась от 3.9 до 6.3 мкм и минимальное значение этого признака отличается от литературных данных в меньшую сторону (см. таблицу). Шов нитевидный, осевое поле узкое, линейное. Центральное поле небольшое, неправильной формы, но иногда имело симметричный вид (см. рисунок). Штрихи радиальные, прямые или немного изогнутые, 14–20 в 10 мкм, линеол 35–50 в 10 мкм. Число штрихов в 10 мкм совпало с данными других исследователей, а диапазон изменчивости числа линеол в 10 мкм отличался в большую сторону (см. таблицу). В диагнозах отмечается, что штрихи немного изогнутые [Lange-Bertalot, 2001; Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016) и др.], однако на электронной микрофотографии этого вида на створке имеются как изогнутые, так и прямые штрихи [Lange-Bertalot, 2001, Pl. 28, Fig. 5].

**Таблица.** Диапазоны изменчивости количественных морфологических признаков видов рода *Navicula* по литературным данным

**Table.** Variability ranges of quantitative morphological characters of the *Navicula* according to the literature data

Длина створки, мкм Length of valve, µm	Ширина створки, мкм Width of valve, µm	Число штрихов в 10 мкм Number of striae in 10 µm	Число ареол в 10 мкм Number of areolae in 10 µm	Источник References
<i>N. cryptocephala</i>				
26.5–30	–	–	–	Kützing, 1844
20–40	5–8.5	16–18	–	Определитель..., 1951 (Opredelitel'..., 1951)
20–40	5–7	14–17	~40	Krammer, Lange-Bertalot, 1986
20–40	5–7	14–18	~40	Lange-Bertalot, 2001
17.6–36.4	5–8.2	12–20	27–45	Генкал, Трифонова, 2009 (Genkal, Trifonova, 2009)
21–34	5.2–6.5	15–17	~35	Potapova, 2011a, b
26–30	6–6.6	14.4–17		Segura-Garcia, 2010
32.2–34.3	7.7–7.8	12–16	30	Харитонов, Генкал, 2012 (Kharitonov, Genkal, 2012)
25–30	4.8–5.5	(17)18–20	50–60*	Novis et al., 2012
22.8–46.6	6–8.3	11–14	30–50	Генкал и др., 2015 (Genkal et al., 2015)

Длина створки, мкм Length of valve, µm	Ширина створки, мкм Width of valve, µm	Число штрихов в 10 мкм Number of striae in 10 µm	Число ареол в 10 мкм Number of areolae in 10 µm	Источник References
21.7–28	5.5–6.3	16.2–17.5	–	Чудаев и др., 2015 (Chudaev et al., 2015)
20–40	5–7	14–16	~40	Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016)
21.9–43	6.5–8.2	14.9–15.6	41.3–43.7	Чудаев, Гололобова, 2016 (Chudaev, Gololobova, 2016)
20–40	5–7	14–16	~40	Lange-Bertalot et al., 2017
25.7–48.6	5.7–8.3	8–14	30–40	Генкал, Ярушина, 2018 (Genkal, Yarushina, 2018)
21.7–37.1	4.8–6	14.6–16.3	–	Chudaev, Jutton, 2020
19.7–35.3	4.7–6.4	14–16	39–41	Цеплик, Чудаев, 2023 (Tseplik, Chudaev, 2023)
17.6–48.6	4.7–8.3	8–20	27–60	Суммарные данные Summary data
<i>N. upsaliensis</i>				
18–47	9.5–12	9–11.5	–	Lange-Bertalot, 2001
19–30.7	9–10.7	8–12	27–35	Генкал, Трифонова, 2009 (Genkal, Trifonova, 2009)
14–31	7.3–13.3	8–12	30	Генкал и др., 2015 (Genkal et al., 2015)
28.5	10.4	10.2	30.9	Чудаев и др., 2015 (Chudaev et al., 2015)
18–47	9.5–12	9–11.5	25–27	Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016)
23.1–25.3	9–10.1	11.4–11.7	29.5–33.5	Чудаев, Гололобова, 2016 (Chudaev, Gololobova, 2016)
18–47	9.5–12	9–11.5	25–27	Lange-Bertalot et al., 2017
27–43.3	9–12.7	8–12	25–30	Генкал, Ярушина, 2018 (Genkal, Yarushina, 2018)
21.4–38.6	9.2–10.6	10.3–10.7	29–31	Чудаев, Jutton, 2020
17.2–27.5	6.5–9.4	10–12	32	Цеплик, Чудаев, 2023 (Tseplik, Chudaev, 2023)
14–47	7.3–13.3	8–12	25–35	Суммарные данные Summary data
<i>N. metareichardtiana</i>				
12–26	5–6	14–16	–	Lange-Bertalot, 1989 (как <i>N. reichardtiana</i> )
12–22.26	5–6	14–16	33–36	Lange-Bertalot, 2001 (как <i>N. reichardtiana</i> )
18.5–22.6	5.5–6.4	14.5–16	32–36	Woital, 2001 (как <i>N. reichardtiana</i> )
12–22	4.5–5.3	14–16	32–36	Ротарова, 2011a, b
14–19.7	5–6.1	15.7–19.6	37.2–37.6	Чудаев и др., 2015 (Chudaev et al., 2015) (как <i>N. reichardtiana</i> )
12–22 (26)	5–6	14–16	33–36	Lange-Bertalot et al., 2017
13.3–19.4	4.7–5.4	15.1–16.4	–	Чудаев, Juttner, 2020 (как <i>N. reichardtiana</i> )
17.7–18.7	5.1–6.1	14–16	–	Цеплик, Чудаев, 2023 (Tseplik, Chudaev, 2023)
12–26	4.5–6.4	14–19.6	32–37.6	Суммарные данные Summary data



**Рисунок.** Электронные микрофотографии створок *Navicula cryptocephala* (a–e), *N. metareichardtiana* (f–j), *N. upsaliensis* (k–o) (СЭМ). a–d, f–i, k–n – створки с наружной поверхности; e, j, o – створка с внутренней поверхности.

**Figure.** Valves electron micrographs *Navicula cryptocephala* (a–e), *N. metareichardtiana* (f–j), *N. upsaliensis* (k–o) (SEM). a–d, f–i, k–n – external view of the valve; e, j, o – internal view of the valve.

*N. upsaliensis* (рис. k–o). В нашем материале створки имели широко ланцетную форму, концы клиновидные или слабо оттянутые, что соответствует литературным данным [Lange-Bertalot, 2001; Куликовский и др., 2016 (Kulikovskiy et al., 2016) и др.]. Длина створки

варьировала от 16.3 мкм до 27.2 мкм и этот диапазон совпадает с данными других исследователей (см. таблицу). Ширина створки изменялась от 6.5 до 9.2 мкм и минимальное значение этого признака отличается от литературных данных в меньшую сторону (см. таб-

лицу). Шов нитевидный, осевое поле узкое, линейное. Центральное поле относительно крупное, поперечно-вытянутое. Штрихи слабо радиальные, у концов слегка конвергентные, 11–14 в 10 мкм, линеол 32–35 в 10 мкм. Максимальное число штрихов в 10 мкм превышает данные других исследователей, а диапазон изменчивости числа линеол в 10 мкм совпадает (см. таблицу).

Наши и литературные данные показали более широкую изменчивость количественных и качественных признаков у исследованных видов, что позволило уточнить их диагнозы.

*Navicula cryptocephala* Kützing 1844 emend. Genkal et Komulaynen (Fig. a–e).

Synonym: *Navicula cryptocephala* Lange-Bertalot 1993.

Valves lanceolate to narrow lanceolate. The ends gradually taper to beak-shaped, from sub-headed to obtusely rounded. Valves length 17.6–48.7 µm, width 4.5–9.3 µm. Raphe filiform, axial field narrow, central area small, rounded or transversely elongated, elliptical, slightly asymmetrical. Striae strongly radial, slightly convergent at the ends, 8–20 in 10 µm, lineolae 27–60 in 10 µm.

Створки от ланцетных до узколанцетных концы постепенно сужаются до клювовидных, от субголовчатых до тупо закругленных. Длина створки 17.6–48.7 мкм, ширина 4.5–9.3 мкм. Шов нитевидный, осевое поле узкое, центральное поле небольшое, округлое или поперечно вытянутое, эллиптическое, слегка ассиметричное. Штрихи сильно радиальные, у концов слабо конвергентные, 8–20 в 10 мкм, линеол 27–60 в 10 мкм.

*Navicula metareichardtiana* Lange-Bertalot emend. Genkal et Komulaynen (Fig. f–j).

Synonym: *Navicula reichardtiana* Lange-Bertalot 1989.

Valves lanceolate, the ends mainly blunt, less often rather sharply rounded, slightly retracted. Valve length 12–26.7 µm, width 3.9–6.4 µm. Raphe filiform, axial field narrow and linear. Central area small, irregular and sometimes symmetrical. Striae radial, straight or slightly curved, 14–20 in 10 µm, lineolae 32–50 in 10 µm.

Створки ланцетные, концы преимущественно тупые, реже довольно остро закругленные, слабо оттянутые. Длина створки 12–26.7 мкм, ширина 3.9–6.4 мкм. Шов нитевидный, осевое поле узкое, линейное. Центральное поле небольшое, неправильной формы, иногда симметричное. Штрихи радиальные, прямые или немного изогнутые, 14–20 в 10 мкм, линеол 32–50 в 10 мкм.

*Navicula upsaliensis* (Grunow) Peragallo emend. Genkal et Komulaynen (Fig. k–o).

Synonyms: *Navicula menisculus* var. *upsaliensis* Grunow 1880; *Navicula peregrina* f. *upsaliensis* (Grunow) Van Heurck 1885.

Valves broadly lanceolate, the ends wedge-shaped or slightly retracted. Valve length 14–47 µm, width 6.5–13.3 µm. Raphe filiform, axial field narrow, linear. Central area relatively large, transversely elongated. Striae slightly radial and slightly convergent at the ends, 8–14 in 10 µm, lineolae 25–35 in 10 µm.

Створки широко ланцетные, концы клиновидные или слабо оттянутые. Длина створки 14–47 мкм, ширина 6.5–13.3 мкм. Шов нитевидный, осевое поле узкое, линейное. Центральное поле относительно крупное, поперечно-вытянутое. Штрихи слабо радиальные, у концов слегка конвергентные, 8–14 в 10 мкм, линеол 25–35 в 10 мкм.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение морфологических признаков в популяциях *Navicula cryptocephala*, *N. metareichardtiana* и *N. upsaliensis* и анализ литературных данных показали широкую изменчивость количественных и качественных

признаков у исследованных видов, что позволило уточнить их диагнозы. Выявленную у исследованных представителей рода *Navicula* морфологическую изменчивость необходимо учитывать при их идентификации.

#### 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. М.: Наука, 1975. С. 87–89.
- Генкал С.И. Закономерности изменчивости основных структурных элементов панциря у диатомовых водорослей рода *Cyclotella* Kütz. // Биология внутренних вод. 1983. № 61. С. 14–16.
- Генкал С.И. О морфологической изменчивости основных элементов створки у видов рода *Stephanodiscus* (Bacillariophyta) // Ботанический журнал. 1984. Т. 69. № 3. С. 403–408.

- Генкал С.И. К вопросу о морфологической изменчивости некоторых широко распространенных и редких видов рода *Navicula* (Bacillariophyta) // Новости систематики низших растений. 2014. Т. 38. С. 38–49. DOI: 10.31111/nsnr/2014.48.38.
- Генкал С.И., Габышев В.А. Морфология, таксономия и экология *Navicula phyllepta* (Bacillariophyta). Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2023. вып. 102(105), С. 18–24. DOI: 10.47021/0320-3557-2023-17-24.
- Генкал С.И., Еремкина Т.В. Морфологическая изменчивость редких для флоры России видов рода *Achnanthisidium* (Bacillariophyta). Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2022. вып. 98(101). С. 55–61. DOI: 10.47021/0320-3557-2022-56-61.
- 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., Поповская Г.И. Центрические диатомовые водоросли Селенгинского мелководья озера Байкал // Биология внутренних вод. 2003. №2. С. 9–14.
- Генкал С.И., Трифонова И.С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: ОАО “Рыбинский дом печати”, 2009. 72 с.
- 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. Морфологическая изменчивость некоторых видов рода *Navicula* (Bacillariophyta) из водоемов и водотоков полуострова Ямал // Новости систематики низших растений. 2016. Т. 50. С. 23–33. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2016.50.23>
- Генкал С.И., Ярушина М.И. Диатомовые водоросли слабоизученных водных экосистем Крайнего Севера Западной Сибири. М.: Научный мир. 2018. 212 с.
- Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука. Т.1. 1974. 403 с.
- Куликовский М.С., Глущенко А.Н., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань. 2016. 804 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М.: Советская наука, 1951. 619 с.
- Харитонов В.Г., Генкал С.И. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 2012. 402 с.
- Цеплик Н.Д., Чудаев Д.А. Материалы к флоре шовных диатомовых водорослей Звенигородской биологической станции МГУ. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2023. 168 с.
- Чудаев Д.А., Гололобова М.А. Диатомовые водоросли озера Глубокого (Московская область). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2016. 447 с.
- Чудаев Д.А., Купреева М.Д., Гололобова М.А. Исследование видов рода *Navicula* Bory sensu stricto (Diatomophyceae) реки Москвы. Вестн. Моск. Ун-та. Сер.16. // Биология. 2015. №2. С. 45–50.
- Chudaev D.A., Jüttner I. Diatoms of the genus *Navicula* from waterbodies of the Voronezh Region, Russia // Новости систематики низших растений. 2020. Vol. 54(2). P. 337–353. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2020.54.2.337>.
- Genkal S.I. Morphological variability and taxonomy of *Diatoma tenue* Ag. (Bacillariophyta) // Int. Journal on Algae. 2004. Vol. 6. №4. P. 319–330.
- Krammer K. Diatoms of Europe, Cymbella, 2002. vol. 3.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Teil 1. Naviculaceae, in Die Süßwasserflora von Mitteleuropa, Stuttgart: Gustav Fischer. 1986. Vol. 2/1, P. 1.
- Kützing F.T. Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. 1844. 152 p.
- Lange-Bertalot H., Krammer K. *Achnanthes*, eine Monographie der Gattung mit Definition der Gattung *Cocconeis* und Nachträgen zu den Naviculaceae // Bibliotheca Diatomologica. 1989. Vol. 18. P. 1–393.
- Lange-Bertalot H. Diatoms of Europe: *Navicula* Sensu Stricto, 10 Genera Separated from *Navicula* Sensu Lato. 2001, Vol. 2, P. 1.
- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. Freshwater benthic diatoms of Central Europe. 2017. Schmittens-Oberreifenberg. 942 p.
- Novis Phil. M., Braidwood J., KILROY C. 2012. Small diatoms (Bacillariophyta) in cultures from the Styx River, New Zealand, including descriptions of three new species // Phytotaxa. Vol. 64. P. 11–45.
- Potapova M. (2011a). *Navicula metareichardtiana*. In Diatoms of North America. Retrieved February 04. 2024, from [https://diatoms.org/species/navicula\\_metareichardtiana](https://diatoms.org/species/navicula_metareichardtiana)
- Potapova M. (2011b). *Navicula cryptocephala*. In Diatoms of North America. Retrieved February 17. 2024, from [https://diatoms.org/species/navicula\\_cryptocephala](https://diatoms.org/species/navicula_cryptocephala)
- Segura-García V., Israde-Alcántara I., Maidana N.I. The genus *Navicula* sensu stricto in the Upper Lerma basin Lerma, México. I. // Diatom Research. 2010. Vol. 25 (2), P. 367–383. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.970587>
- Woital A. New or rare species of the genus *Navicula* (Bacillariophyceae) in the diatom flora of Poland // Polish Botanical Journal. 2001. Vol. 46(2). P. 161–167.

## 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)

- Chudaev D.A., Cupreev M.D. Gololobova M.A. Issledovanie vidov roda *Navicula* Bory sensu stricto (Diatomophyceae) reki Moskvy [Investigation of diversity of the genus *Navicula* Bory sensu stricto (Bacillariophyceae) in the River Moscow]. Vestn. Moscow. Univ. Ser.16. Biology. 2015. no. 2. pp. 45–50. (In Russian)
- Chudaev D.A., Gololobova M.A. Diatomovye vodorosli ozera Glubokogo (Moskovskaya oblast') [Diatom algae in Glubokoe Lake (Moscow region)]. Moscow, Association of Scientific Publications KMK, 2016, 447 p. (In Russian)
- Chudaev D.A., Jüttner I. Diatoms of the genus *Navicula* from waterbodies of the Voronezh Region, Russia. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*. 2020. vol. 54(2). pp. 337–353. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2020.54.2.337>
- Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemue i sovremennue) [Diatoms of the USSR (fossil and modern)]. L., *Nauka*, 1974. vol. 1. 403 p. (In Russian)
- Genkal S.I. K voprosu o morfoloicheskoj izmenchivosti nekotoryh shiroko rasprostranennyh i redkih vidov roda *Navicula* (Bacillariophyta) [On morphological variability of some widespread and rare species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta)]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 2014, iss. 48, pp. 38–49. doi: [doi.org/10.3V.A.1111/nsnr/2014.48.38](https://doi.org/10.3V.A.1111/nsnr/2014.48.38). (In Russian)
- Genkal S.I. Morphological variability and taxonomy of *Diatoma tenue* Ag. (Bacillariophyta) // *Int. Journal on Algae*. 2004. vol.6. no 4. pp. 319–330.
- Genkal S.I. O morfoloicheskoj izmenchivosti osnovnyh elementov stvorki u vidov roda *Stephanodiscus* (Bacillariophyta) [On morphological variability of the main structural elements of the valve in the species of the genus *Stephanodiscus* (Bacillariophyta)]. *Bot. Zhurn.*, 1984, vol. 69, no. 3, pp. 403–408. (In Russian)
- Genkal S.I. Zakonomernosti izmenchivosti osnovnyh strukturnyh elementov panciry u diatomovyh vodoroslej roda *Cyclotella* Kütz. [Regularities in variability of the main structural elements in frustule diatom algae of the genus *Cyclotella* Kütz.]. *Biology of Inland Waters: Information Bulletin*, 1983, no. 61, pp. 14–16. (In Russian)
- Genkal S.I., Chekryzheva S.A., Komulaynen S.F. Diatomovye vodorosli vodoemov i vodotokov Karelii [Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia]. Moscow, *Scientific World*, 2015. 202 p. (In Russian)
- Genkal S.I., Eremkina T.V. Morfoloicheskaya izmenchivost' redkih dlya flory Rossii vidov roda *Achnantheidium* (Bacillariophyta) [Morphological variability of species of the genus *Achnantheidium* (Bacillariophyta) rare for the flora of Russia]. *Proceedings of the I.D. Biologiya vnutrennikh vod*. 2022. vol. 98(101). pp. 55–61. doi: [10.47021/0320-3557-2022-56-61](https://doi.org/10.47021/0320-3557-2022-56-61) (In Russian)
- Genkal S.I., Gabyshev V.A. Morfologiya, taksonomiya i ekologiya *Navicula phyllepta* (Bacillariophyta). [Morphology, taxonomy and ecology of *Navicula phyllepta* (Bacillariophyta)]. *Proceedings of the I.D. Biologiya vnutrennikh vod*. 2023. vol. 102(105), pp. 18–24. doi: [10.47021/0320-3557-2023-17-24](https://doi.org/10.47021/0320-3557-2023-17-24) (In Russian)
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S., Stenina A.S. Izmenchivost' osnovnyh strukturnyh elementov stvorki nekotoryh vidov roda *Navicula* (Bacillariophyta) [Variability of main structural elements of a valve of some species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta)]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2007, no. 2, pp. 20–25. (In Russian)
- Genkal S.I., Popovskaya G.I. Centricheskie diatomovye vodorosli Selenginskogo melkovod'ya ozera Bajkal [Centric diatoms of the Selenginskoye shoal of Lake Baikal]. *Biologiya vnutrennikh vod*. 2003. no. 2. pp. 9–14 (In Russian)
- Genkal S.I., Trifonova I.S. Diatomovye vodorosli planktona Ladozhskogo ozera i vodoemov ego bassejna [Plankton diatoms of Lake Ladoga and water bodies of its basin]. Rybinsk. “Rybinsk Printing House”, 2009. 72 p. (In Russian)
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Diatomovye vodorosli slaboizuchennyh vodnyh ekosistem Krajnego Severa Zapadnoj Sibiri [Diatom algae of poorly studied aquatic ecosystem in the Far North of Western Siberia]. Moscow, *Scientific world*, 2018. 212 p. (In Russian)
- Genkal S.I., Yarushina M.I. Morfoloicheskaya izmenchivost' nekotoryh vidov roda *Navicula* (Bacillariophyta) iz vodoemov i vodotokov poluoostrova Yamal [On the morphological variability of some species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta) from waterbodies and watercourses of the Yamal Peninsula]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 2016, vol. 5, pp. 23–33. doi: [doi.org/10.31111/nsnr/2016.50.23](https://doi.org/10.31111/nsnr/2016.50.23). (In Russian)
- Kharitonov V.G., Genkal S.I. Diatomovye vodorosli ozera El'gygytgyn i ego okrestnostej (Chukotka) [Diatoms of the Elgygytgyn Lake and its vicinities (Chukotka)]. Magadan, SVNTs FEB RAS, 2012. 402 p. (In Russian)
- Krammer K. Diatoms of Europe: *Cymbella*, 2002. vol. 3.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Teil 1. Naviculaceae, in *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Stuttgart: Gustav Fischer, 1986, vol. 2/1, p. 1.
- Kulikovskiy M. S., Glushchenko A. N., Genkal S. I. Kuznetsova I. V. Opredelitel' diatomovyh vodoroslej Rossii [Identification book of diatoms from Russia]. Yaroslavl]. *Filigran*, 2016. 804 p. (In Russian)
- Kützing F.T. Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. (1844). 152 p. (Chukotka)]. Magadan, SVNTs FEB RAS, 2012. 402 p.
- Lange-Bertalot H. Diatoms of Europe: *Navicula* Sensu Stricto, 10 Genera Separated from *Navicula* Sensu Lato, 2001, vol. 2, p. 1.
- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. Freshwater benthic diatoms of Central Europe. 2017. *Schmitten-Oberreifenberg*. 942 p.
- Lange-Bertalot H., Krammer K. *Achnanthes*, eine Monographie der Gattung mit Definition der Gattung *Cocconeis* und Nachträgen zu den Naviculaceae. *Bibliotheca Diatomologica*. 1989. vol. 18. pp. 1–393.
- Novis Phil. M., Braidwood J., KILROY C. Small diatoms (Bacillariophyta) in cultures from the Styx River, New Zealand, including descriptions of three new species. *Phytotaxa*. 2012. vol. 64. pp. 11–45.
- Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Diatomovye vodorosli [Key to freshwater algae of the USSR. Diatom algae]. Moscow, *Soviet Science*. 1951. Iss. 4. 619 p. (In Russian)

- Potapova M. (2011a). *Navicula metareichardtiana*. In Diatoms of North America. Retrieved February 04, 2024, from [https://diatoms.org/species/navicula\\_metareichardtiana](https://diatoms.org/species/navicula_metareichardtiana)
- Potapova M. (2011b). *Navicula cryptocephala*. In Diatoms of North America. Retrieved February 17, 2024, from [https://diatoms.org/species/navicula\\_cryptocephala](https://diatoms.org/species/navicula_cryptocephala)
- Segura-García V., Israde-Alcántara I., Maidana N.I. The genus *Navicula* sensu stricto in the Upper Lerma basin Lerma, México. I. *Diatom Research*. 2010. vol. 25 (2), pp. 367–383. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.9705857>
- Tseplik N.D., Chudaev D.A. Materialy k flore shovnyh diatomovyh vodoroslej Zvenigorodskoj biologicheskoy stancii MGU [Materials for the flora of suture diatoms of the Zvenigorod Biological Station of Moscow State University]. Moscow: Association of Scientific Publications KMK. 2023. 168 p. (In Russian)
- Wotal A. New or rare species of the genus *Navicula* (Bacillariophyceae) in the diatom flora of Poland. *Polish Botanical Journal*. 2001. vol. 46(2). pp. 161–167.

## MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF SPECIES OF THE GENUS *NAVICULA* (BACILLARIOPHYTA) INTERESTING FOR THE FLORA OF RUSSIA

S. I. Genkal<sup>1, \*</sup>, S. F. Komulaynen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences  
152742 Borok, Russia, e-mail: \*genkal@ibiw.ru

<sup>2</sup> Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences  
185910 Petrozavodsk, Russia

Received 15.12.2023

This scanning electron microscopy study was carried out to investigate the morphology of representatives of the diatoms *Navicula cryptocephala*, *N. metareichardtiana* and *N. upsaliensis* from the phytoperiphyton of 6 tributaries of the Svir River (Lake Ladoga basin). Some of the studied quantitative (valve width, number of striae and lineolae in 10 µm) and qualitative (shape of the central area, striae arrangement) characteristics showed a wider variability, which made it possible to refine the diagnoses of these species taking into account the literature data.

**Keywords:** tributaries of the Svir River (Lake Ladoga basin), phytobenthos, Bacillariophyta, *Navicula*, electron microscopy, morphological variability