

ALGAE — ВОДОРОСЛИ

Новые данные по морфологии некоторых широко распространенных и редких пеннатных диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*)

С. И. Генкал¹, О. Г. Горохова²

¹Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия

²Институт экологии Волжского бассейна РАН, филиал Самарского федерального исследовательского центра, Тольятти, Россия

Автор для переписки: С. И. Генкал, genkal@ibiw.ru

Резюме. Изучение новых для флоры Волгоградской обл. (Россия) *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*, *Gyrosigma wansbeckii* и *Pleurosigma elongatum* из минерализованных притоков (Большая Саморода, Ланцуг, Хара) гипергалинного оз. Эльтон с помощью сканирующей электронной микроскопии позволило получить новые данные по изменчивости количественных диагностических признаков (длины и ширины створки, числа штрихов и ареол в 10 мкм) и особенностям ряда морфологических элементов (шва и ареол). У *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta* на наружной поверхности створки обнаружены ложные ареолы, и впервые показано, что концы шва загнуты по направлению к первичной стороне створки. Для *Gyrosigma wansbeckii* впервые представлены данные по числу ареол в 10 мкм. Расширены пределы длины и ширины створок *Pleurosigma elongatum*, а также числа штрихов и ареол в 10 мкм.

Ключевые слова: *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*, *Gyrosigma wansbeckii*, *Pleurosigma elongatum*, диатомовые водоросли, морфология, электронная микроскопия, Волгоградская область, притоки озера Эльтон, Россия.

New data on morphology of some widespread and rare pennate diatoms (*Bacillariophyta*)

S. I. Genkal¹, O. G. Gorokhova²

¹Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Borok, Russia

²Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences, Branch of the Federal State Budgetary Institution of Sciences, Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Tolyatti, Russia

Corresponding author: S. I. Genkal, genkal@ibiw.ru

Abstract. This electron microscopy study of new for the Volgograd Region (Russia) *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*, *Gyrosigma wansbeckii*, and *Pleurosigma elongatum* from mineralized tributaries (Bolshaya Samoroda, Lantsug and Khara) of the hyperhaline Lake Elton provides new data on the variability of quantitative diagnostic characteristics (valve length, number of striae and areolae in 10 μm) and some morphological elements (raphe and areolae). For *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*, false areolae were found on the external valve surface, it was shown for the first time that the raphe ends are bent towards the primary side of the valve as well. For *Gyrosigma wansbeckii*,

data on the areolae number in 10 μm are presented for the first time. The range of length and width of *Pleurosigma elongatum* valves, as well as the number of striae and areolae in 10 μm , has been expanded.

Keywords: *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*, *Gyrosigma wansbeckii*, *Pleurosigma elongatum*, diatoms, electron microscopy, morphology, Russia, tributaries of the Lake Elton, Volgograd Region.

В ходе изучения проб из минерализованных притоков гипергалинного оз. Эльтон Волгоградской обл. были выявлены три новых для области таксона диатомовых водорослей, широко распространенные *Anomoeoneis sphaerophora* Pfitzer f. *sculpta* (Ehrenb.) Krammer и *Pleurosigma elongatum* W. Sm., встречающиеся в солоноватых и морских водоемах, и редкий во флоре России солоноватоводно-морской вид *Gyrosigma wansbeckii* (Donkin) Cleve (Diatomovyi..., 1950; Zabelina *et al.*, 1951).

В литературе имеются преимущественно данные светомикроскопических (СМ) исследований (Smith, 1852, 1853; Diatomovyi..., 1950; Zabelina *et al.*, 1951; Hendeу, 1964; Krammer, Lange-Bertalot, 1986; Bondarenko, 2017). В немногочисленных публикациях приводятся результаты электронно-микроскопического (СЭМ) изучения *A. sphaerophora* f. *sculpta* (Stenger-Kovács, Lengyel, 2015), *G. wansbeckii* (Reid, Williams, 2003) и *Pleurosigma elongatum* (Guslyakov *et al.*, 1992; Sar *et al.*, 2014).

В ходе СЭМ исследования этих видов выявлены морфологические отличия от данных из литературных источников у данных трех таксонов диатомовых водорослей, что позволило уточнить их морфологическую изменчивость и изучить отдельные структурные элементы створки.

Материал и методы

Материалом для данной работы послужили пробы фитопланктона, собранные О. Г. Гороховой из рек Большая Саморода (препараты 10, 12, 13), Ланцуг (препараты 2, 7) и Хара (препараты 3, 4, 9) — притоков гипергалинного оз. Эльтон (Волгоградская обл.). Сбор проб проведен на участках нижнего течения и устьевых, которые в этих небольших водотоках свободны от зарослей макрофитов и не пересыхают. Некоторые характеристики рек в местах сбора проб показаны в табл. 1.

Препараты хранятся в коллекции С. И. Генкала (Институт биологии внутренних вод РАН).

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

Результаты и обсуждение

Anomoeoneis sphaerophora Pfitzer f. *sculpta* (Ehrenb.) Krammer (Fig. 1: A–E) \equiv *Anomoeoneis sculpta* (Ehrenb.) Cleve. \equiv *A. sphaerophora* var. *sculpta* (Ehrenb.) O. Müll.

Общие характеристики рек и станций сбора проб /
General characteristics of rivers and sampling stations

	Б. Саморода	Хара	Ланцуг
Гидролого-географические характеристики рек / Hydrological-geographic characteristics			
Длина, км / Length, km	24.3	46.4	19.9
Площадь водосбора, км ² / Catchment area, km ²	130.0	177.0	126.0
Координаты (устьевой участок) / Coordinates (mouth section)	[49°07'N,46°47'E]	[49°12'N,46°39'E]	[49°12'N,46°38'E]
Гидрологические и химические характеристики на станциях сбора проб / Hydrological and chemical characteristics at sampling stations			
Скорость течения, м/с / Current speed, m/s	0.02/0.03*	0.04/0.06**	0.05***
Глубина, м / Depth, m	0.15/0.55*	0.40/0.75**	0.25
pH	7.5/8.2*	8.2/8.5**	7.9
Температура воды, °C / Water temperature, °C	27.3/24.1*	27.3/29.0**	23.7
Общая минерализация, г/л / Salinity, g/l	15.0/9.8*	22.0/15.9**	30.0

Примечание: * — август 2014 г. / май 2019 г., ** — август 2012 г. / август 2018 г., *** — май 2012 г. / Note:* — August 2014 / May 2019; ** — August 2012 / August 2018; *** — May 2012.

В нашем материале (р. Большая Саморода, препарат № 12) форма створки и расположение штрихов соответствует литературным данным (Zabelina *et al.*, 1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1986). Согласно СМ описания, штрихи у края створки расположены тесно, по направлению к осевой линии редуют и исчезают совсем, оставляя гиалиновые продольные полосы, затем появляются снова вдоль всего шва в виде одного продольного ряда точек (Zabelina *et al.*, 1951). С наружной поверхности створки по нашим СЭМ данным на гиалиновых продольных полосах расположены неглубокие впадины (ложные ареолы) (Fig. 1B), и морфология наружной поверхности створки совпадает с литературными данными (Stenger-Kovács, Lengyel, 2015: Pl. 7: 25). На внутренней поверхности расположение штрихов соответствует диагнозу (Fig. 1C, D). На наружной и внутренней поверхностях створки среднее поле расширено в одну сторону (Fig. 1: B–D). В систематических сводках на иллюстрациях приводятся створки без расширения среднего поля (Zabelina *et al.*, 1951: Fig. 147: 2; Krammer, Lange-Bertalot, 1986: Fig. 92: 3) и с расширением (Krammer, Lange-Bertalot, 1986: Fig. 92: 4). На наружной поверхности центральные концы шва повернуты к вторичной стороне створки (Fig. 1B), что соответствует единственной опубликованной СЭМ иллюстрации этой стороны створки (Stenger-Kovács, Lengyel, 2015: Pl. 7: 25). СЭМ фотографии створки *A. sphaerophora*

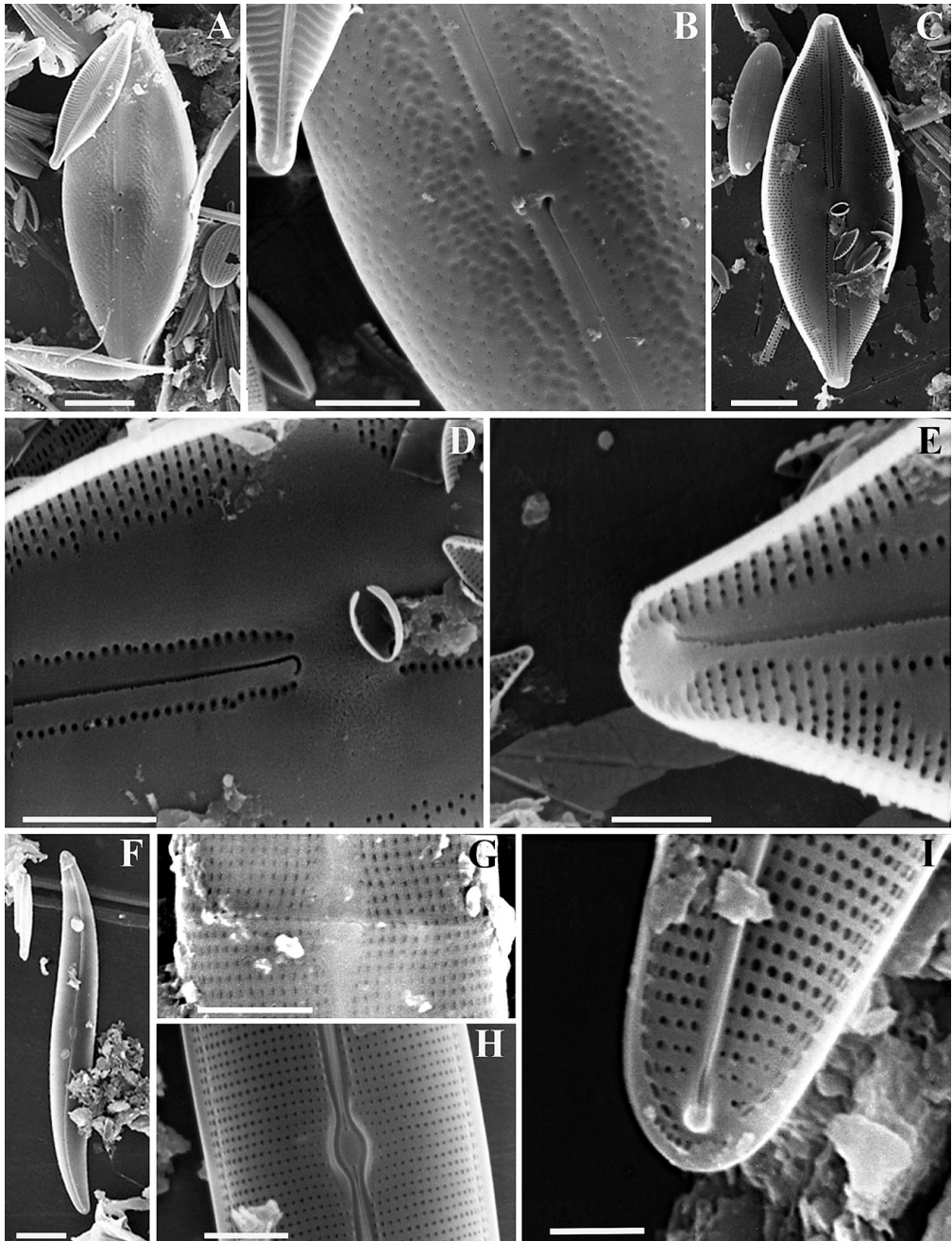


Fig. 1. A–E— *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta* (препарат / stub № 12); F–I— *Gyrosigma wansbeckii* (препарат / stub № 2).

A, B, F, G— створка с наружной поверхности / external view of the valve; C–E, H, I — створка с внутренней поверхности / internal view of the valve. A, C, F — общий вид, центральная часть

f. *sculpta* с внутренней поверхности в литературе отсутствуют, и, согласно нашим первым иллюстрациям, концы шва загнуты по направлению к первичной стороне створки (Fig. 1D). Дистальные концы шва на внутренней поверхности заканчиваются небольшими хеликтогlossen (Fig. 1E). Длина створки варьировала от 100 до 145 мкм, ее ширина — от 38 до 50 мкм, число штрихов в 10 мкм — от 10 до 11, что совпадает с литературными данными (табл. 2).

Типовая форма *Anomooneis sphaerophora* Pfitzer имеет меньшие размеры створки (25–95 мкм дл., 13–24 мкм шир.) и большее число штрихов (15–20 в 10 мкм) (Krammer, Lange-Bertalot, 1986; Kulikovskiy *et al.*, 2016). По данным СЭМ типовая форма *A. sphaerophora* имеет сходную морфологию перечисленных выше структурных элементов створки (Round *et al.*, 1990: 480–481). Вместе с тем, у f. *sculpta* имеются некоторые отличия от f. *sphaerophora* — на внутренней поверхности шов на дистальном конце не прямой, а немного отклоняется в сторону, и хеликтоглосса тоже (сравни Fig. 1E и Round *et al.*, 1990: 481, Fig. h).

По литературным данным этот вид для флоры Волгоградской обл. ранее был неизвестен (Zabelina *et al.*, 1951; Fitoplankton..., 2003; Korneva, 2015; Yatsenko-Stepanova *et al.*, 2015).

Gyrosigma wansbeckii (Donkin) Cleve

(Fig. 1: F–I)

В нашем материале (из рек Ланцуг и Хара, препараты № 2, 3) по результатам СЭМ исследования форма створки соответствует описанию (Hustedt, 1930; Krammer, Lange-Bertalot, 1986). Дистальные щели шва повернуты в том же направлении, что и концы створок (Fig. 1F, I). На наружной поверхности створки центральные концевые щели направлены в противоположные стороны (Fig. 1G). На внутренней поверхности шов имеет вид гребня, центральные концевые щели повернуты в сторону вторичной стороны створки и располагаются на плоском центральном выросте, имеющем вид веретена, который окружен с двух сторон гребнями в виде полумесяца (Fig. 1H). На внутренней поверхности дистальные концы шва заканчиваются хеликтогlossen (Fig. 1I). Строение шва на наружной и внутренней поверхностях соответствует родовому описанию (Round *et al.*, 1990; Kulikovskiy *et al.*, 2016). Длина створки варьировала от 136 до 164 мкм, ее ширина — от 15.0 до 18.9 мкм, число штрихов в 10 мкм — от 17 до 21, число ареол в 10 мкм — от 21 до 24. Ширина створки исследованных экземпляров отличается от литературных данных в большую сторону, число штрихов в 10 мкм показывает больший диапазон изменчивости (табл. 2), и впервые представлены данные о числе ареол в 10 мкм. Вероятно, такие отличия от литературных

створки / general view, central part of the valve; B — центральные концы шва, ареолы / proximal raphe ends, areolae; D — отогнутые в одну сторону центральные концы шва, ареолы / proximal raphe ends bent to the same side, areolae; E, I — хеликтоглосса / helictoglossa; H — центральный узелок / central nodule.

Масштабные линейки / Scale bars: A, C, F — 20 μm; B, D — 10 μm; E, G–I — 5 μm.

**Изменчивость морфологических признаков *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*,
Gyrosigma wansbeckii и *Pleurosigma elongatum* /**

The variability of morphological features *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*,
Gyrosigma wansbeckii and *Pleurosigma elongatum*

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	Источники References
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> f. <i>sculpta</i>				
Up to 185	Up to 60	11–16	nd	Diatomovyi..., 1950*
Up to 185	Up to 60	11–16	nd	Zabelina <i>et al.</i> , 1951*
65–200	25–36	11–16	nd	Patrick, Reimer, 1966*
65–200	25–45	10–16	nd	Krammer, Lange-Bertalot, 1986
55–97.1	22.9–32.7	14–15	nd	Stenger-Kovács, Lengyel, 2015
100–145	38–50	10–11	nd	Our data
<i>Gyrosigma wansbeckii</i>				
110–170	Up to 15	18–20	nd	Hustedt, 1930
110–170	Up to 15	18–20	nd	Diatomovyi..., 1950
110–170	Up to 15	18–20	nd	Zabelina <i>et al.</i> , 1951
110–170	Up to 15	18–20	nd	Krammer, Lange-Bertalot, 1986
120–160	10–18	21–24	nd	Reid, Williams, 2003
123–179	15.4–17.0	nd	nd	Bondarenko, 2017
136–164	15.0–18.9	17–21	21–24	Our data
<i>Pleurosigma elongatum</i>				
330	25	nd	18	Smith, 1852
210–386	nd	nd	19	Smith, 1853
130–380	20–30	18–20	16–19	Diatomovyi..., 1950
130–380	20–30	18–20	16–19	Zabelina <i>et al.</i> , 1951
180–310	22.5–38.0	18–20	16–18	Proshkina-Lavrenko, 1963
130–380	24–30	nd	16–20	Hendey, 1964
150–380	20–30	18–20	18–20	Krammer, Lange-Bertalot, 1986
115–300	15–25	16–18	20–21	Guslyakov <i>et al.</i> , 1992
130–380	20–30	18–20	16–19	Reid, 2012
200–225	20–23	20–22	18–20	Sar <i>et al.</i> , 2014
314–428	33–39	12–15	12–13	Our data

Примечание / Note: nd – нет данных / no data; * – как *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sculpta* / as *Anomoeoneis sphaerophora* var. *sculpta*.

данных обусловлены межпопуляционной изменчивостью, которая наблюдается у разных родов диатомовых водорослей (Krammer, 2002; Genkal, Yarushina, 2016, 2017a, b, 2018, 2019, 2020; Genkal *et al.*, 2019).

Gyrosigma wansbeckii относится к редким видам, и известно всего несколько находок с литорали северных морей (Zabelina *et al.*, 1951) и в водоемах Зауралья (Sheshukova-Poretskaya, 1955), а также Азовском море (Bondarenko, 2017). По литературным данным вид для флоры Волгоградской обл. ранее был неизвестен (Zabelina *et al.*, 1951; Fitoplankton..., 2003; Korneva, 2015; Yatsenko-Stepanova *et al.*, 2015). Находки этого вида в реках Ланцуг и Хара (юг европейской части России) и его изучение с помощью СЭМ расширяют наши представления о распространении и морфологии *G. wansbeckii*.

Pleurosigma elongatum W. Sm.

(Fig. 2)

В нашем материале (из рек Большая Саморода и Хара, препараты № 3, 13) форма створки и расположение штрихов соответствуют литературным данным (Zabelina *et al.*, 1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1986). Дистальные щели шва повернуты в том же направлении, что и концы створок (Fig. 2A, C). На наружной поверхности створки центральные концевые щели направлены в одну сторону (Fig. 2B).

На внутренней поверхности шов имеет вид гребня, центральные концевые щели располагаются на плоском центральном выросте, имеющим вид веретена, который окружен с двух сторон гребнями в виде полумесяца (Fig. 2E, F). На внутренней поверхности дистальные концы шва заканчиваются хеликтоглоссами (Fig. 2G, H). Ареолы открываются наружу вытянутой щелью (Fig. 2C), а внутрь — одной или двумя порами (Fig. 2D, G, H). Строение шва на наружной и внутренней поверхностях и ареол соответствует родовому описанию (Round *et al.*, 1990).

Приведенные выше морфологические особенности створки наружной и внутренней поверхностей соответствуют литературным данным (Guslyakov *et al.*, 1992; Sar *et al.*, 2014). Длина створки варьировала от 314 до 428 мкм, ее ширина — от 33 до 39 мкм, число штрихов в 10 мкм — от 12 до 15, число ареол в 10 мкм — от 12 до 13. Максимальные значения длины и ширины створки исследованных экземпляров отличаются от литературных в большую сторону, а число штрихов и ареол в 10 мкм — в меньшую (табл. 2), что также может быть обусловлено межпопуляционной изменчивостью.

По литературным данным этот вид для флоры Волгоградской обл. ранее был неизвестен (Zabelina *et al.*, 1951; Fitoplankton..., 2003; Korneva, 2015; Yatsenko-Stepanova *et al.*, 2015).

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания по темам №121051100099-5 и «Оценка современного биоразнообразия и прогноз его изменения для экосистем Волжского бассейна в условиях их природной и антропогенной трансформации» (АААА-А17-117112040040-3). Авторы выражают благодарность д. б. н., проф., Зинченко Татьяне Дмитриевне, заведующей лабораторией экологии малых рек ИЭВБ РАН за организацию и проведение экспедиционных и исследовательских работ.

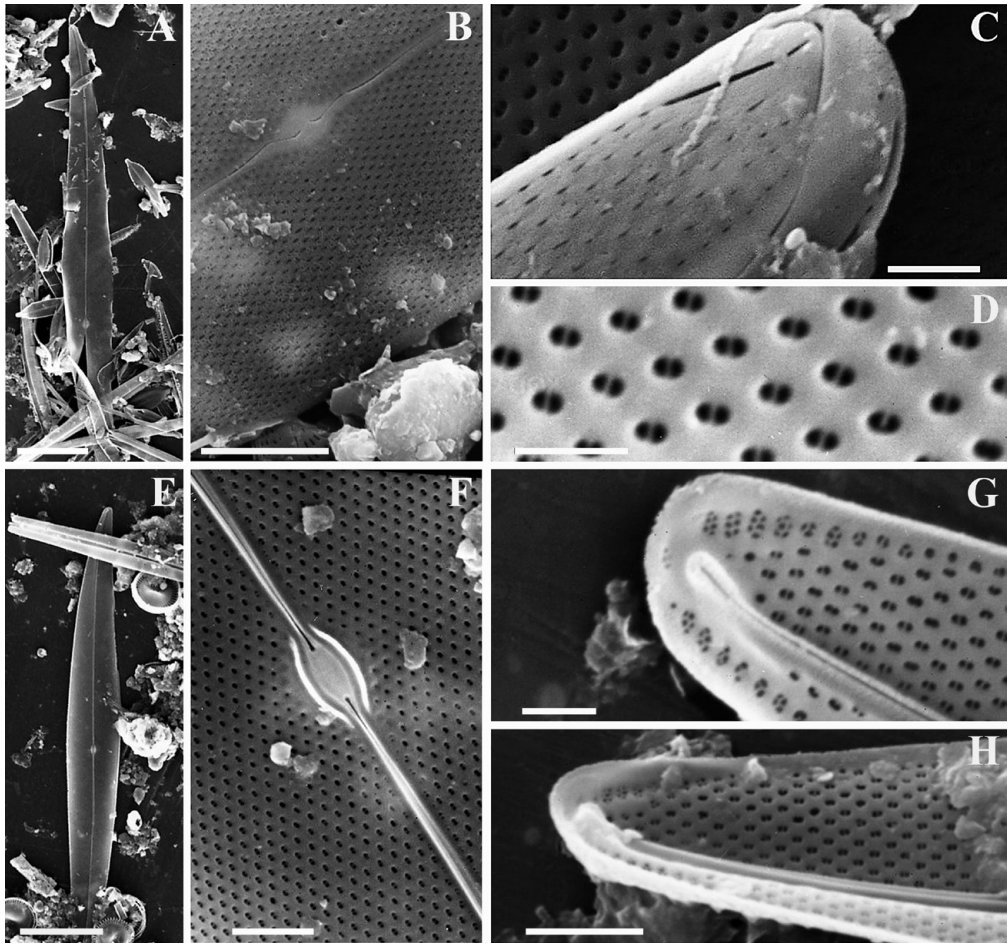


Fig. 2. *Pleurosigma elongatum* (препарат / stub № 13).

A–C – створка с наружной поверхности / external view of the valve; D–H – створка с внутренней поверхности / internal view of the valve. A, E – общий вид / general view; B – отогнутые в одну сторону центральные концы шва / proximal raphe ends bent to the same side; C – дистальный конец шва / distal raphe end; D – ареолы / areolae; F – центральный узелок, центральная часть створки / central nodule, central part of the valve; G, H – конец створки, хеликтоглосса, ареолы / the valve end, helictoglossa, areolae.

Масштабные линейки / Scale bars: A, E – 50 μm ; B – 10 μm ; C, G – 2 μm ; D, F, H – 5 μm .

References / Литература

- Balonov I. M. 1975. Preparation of algae for electron microscopy. *Metodika izucheniya bioigeotsenozov* [Methods for the study of biocenosis]. Moscow: 87–89. [Балонов И. М. 1975. Подготовка водорослей к электронной микроскопии. *Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов*. М.: 87–89].
- Bondarenko A. V. 2017. *Mikrovodorosli bentosa Krymskogo pribrezh'ya Azovskog moraya*. Kand. Diss. [Microalgae of benthos of the Crimean coast of the Sea of Azov. Cand. Diss.]. Sevastopol: 237 p.

- [Бондаренко А. В. 2017. *Микроводоросли бентоса Крымского побережья Азовского моря*. Дис. ... канд. биол. наук. Севастополь: 237 с.]
- Diatomovyi analiz. Kniga 3. Opredelitel' iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodoroslei. Poryadok Pennales* [Diatom analysis. Book 3. Identification guide of fossil and modern diatoms. Order Pennales]. 1950. Leningrad: 399 p. + 117 pls. [Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Книга 3. Порядок Pennales. 1950. Л.: 399 с. + 117 табл. рис.]
- Fitoplankton Niznei Volgi. Vodokhranilishcha i nizov'e reki* [Phytoplankton of the lower Volga. Reservoirs and lower reaches of the river]. 2003. St. Petersburg: 232 p. [Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки. СПб.: 232 с.]
- Genkal S. I., Kapustin D. A., Stenina A. S., Sterlyagova I. N., Shabalina Y. N. 2019. Morphological variability of some Bacillariophyta species of the genus *Kobayasiella* Lange-Bertalot (Raphales, Naviculaceae). *International Journal on Algae* 21(4): 311–320. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i4.20>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2016. New data to morphology, ecology and distribution of rare species *Chamaepinnularia circumborealis* and *Neidiopsis wulfii* (Bacillariophyta). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 50: 34–42. [Генкал С. И., Ярушина М. И. 2016. Новые сведения о морфологии, экологии и распространении редких видов *Chamaepinnularia circumborealis* и *Neidiopsis wulfii* (Bacillariophyta). *Новости систематики низших растений* 50: 34–42]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2016.50.34>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2017a. *Sellaphora vekhovii* and *S. elorantana* (Bacillariophyta): morphology, taxonomy, distribution in Russia. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 51: 23–36. [Генкал С. И., Ярушина М. И. 2017a. *Sellaphora vekhovii* и *S. elorantana* (Bacillariophyta): морфология, таксономия, распространение в России. *Новости систематики низших растений* 51: 23–36]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2017.51.23>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2017b. Taxonomy, morphology and distribution of a rare species, *Navicula schmassmannii* Hust. (Bacillariophyta). *International Journal on Algae* 19(3): 241–248. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v19.i3.40>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2018. Species of the genus *Geissleria* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy and distribution. *Inland Water Biology* 11(4): 387–395. <https://doi.org/10.1134/S1995082918040077>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2019. Species of the genus *Hippodonta* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy, and distribution. *International Journal on Algae* 21(3): 199–216. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i3.10>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2020. Species of the genus *Genkalia* (Bacillariophyta) in Russia: morphology, taxonomy, distribution. *Botanicheskii zhurnal* 105(1): 3–14. [Генкал С. И., Ярушина М. И. 2020. Виды рода *Genkalia* (Bacillariophyta) в России: морфология, таксономия, распространение. *Ботанический журнал* 105(1): 3–14]. <https://doi.org/10.31857/S0006813620010081>
- Guslyakov N. E., Zakordonets O. A., Gerasimyuk V. P. 1992. *Atlas diatomovykh vodoroslei bentosa severo-zapadnoi chasti Chernogo morya i prilegayushchikh vodoemov* [Atlas of diatoms of benthos in the northwestern Black Sea and adjacent water bodies]. Kiev: 112 p. [Гусляков Н. Е., Закардонетц О. А., Герасимюк В. П. 1992. *Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов*. Киев: 112 с.]
- Hendey N. I. 1964. *An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms)*. London: 317 p.
- Hustedt F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas. Heft 10*. Jena: 466 S.
- Korneva L. G. 2015. *Fitoplankton vodokhranilishch basseina Volgi* [Phytoplankton of Volga basin reservoirs]. Kostroma: 284 p. [Корнева Л. Г. 2015. *Фитопланктон водохранилищ Волги*. Кострома: 284 с.]
- Krammer K. 2002. *Cymbella. Diatoms of Europe. Vol. 3*. Rugell: 584 p.

- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/1. Jena: 876 S.
- Kulikovskiy M. S., Glushchenko A. M., Genkal S. I., Kuznetsova I. V. 2016. *Opredelitel' diatomovykh vodoroslei Rossii* [Identification book of diatoms from Russia]. Yaroslavl: 804 p. [Куликовский М. С., Глущенко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. 2016. *Определитель диатомовых водорослей России*. Ярославль: 804 с.].
- Patrick R., Reimer C. W. 1966. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1. Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnantheaceae, Naviculaceae. *Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 13: 1–688.
- Proshkina-Lavrenko A. I. 1963. *Diatomovye vodorosli planktona Azovskogo morya* [Diatoms of plankton of the Sea of Azov]. Moscow; Leningrad: 190 p. [Прошкина-Лавренко А. И. 1963. *Диатомовые водоросли планктона Азовского моря*. М.; Л.: 190 с.].
- Reid G. 2012. A revision of the family Pleurosigmataceae (Bacillariophyta). *Diatom Monographs*. Vol. 14. Ruggel: 163 p.
- Reid G., Williams D. M. 2003. Systematics of the *Gyrosigma balticum* complex (Bacillariophyta), including three new species. *Phycological Research* 51: 126–142.
<https://doi.org/10.1046/j.1440-1835.2003.00301.x>
- Round F. E., Crawford R. M., Mann D. G. 1990. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge: 747 p.
- Sar E. A., Sterrenburg F. A., Sunesen I. 2014. *Pleurosigma hinzianum* sp. nov. and *P. frenguellianum* sp. nov. (Pleurosigmataceae, Bacillariophyta) from Argentinean coastal waters, in comparison with *P. amara* Stidolph and *P. elongatum* W. Smith. *European Journal of Phycology* 49(2): 151–164.
<https://doi.org/10.1080/09670262.2014.898101>
- Sheshukova-Poretskaya V. S. 1955. The history of the water bodies of the Trans-Urals based on the study of their diatom flora. *Uchenii Zapiski LGU. Seriya biologicheskikh nauk. Algologiya i mikologiya* 40: 105–162. [Шешукова-Порецкая В. С. 1955. История водоемов Зауралья на основе изучения их диатомовой флоры. *Ученые Записки ЛГУ. Серия биологических наук. Альгология и микология* 40: 105–162].
- Smith W. 1852. Notes on the Diatomaceae with descriptions of British species included in the genus *Pleurosigma*. *Annals and Magazine of Natural History, 2nd Ser.*, 2: 1–12.
- Smith W. 1853. *A synopsis of the British Diatomaceae; with remarks on their structure, functions and distribution; and instructions for collecting and preserving specimens*. Vol. 1. London: 89 p. + 31 pls.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.10706>
- Stenger-Kovács C., Lengyel E. 2015. Taxonomical and distribution guide of diatoms in soda pans of Central Europe. *Studia Botanica Hungarica* 46(Suppl.): 3–203.
<https://doi.org/10.17110/StudBot.2015.46.Suppl.3>
- Yatsenko-Stepanova T. N., Ignatenko M. E., Nemtseva N. V., Gorochova O. G. 2015. Autotrophic microorganisms in river outfalls of Lake Elton. *Arid Ecosystems* 5(2): 83–87.
<https://doi.org/10.1134/S2079096115020109>
- Zabelina M. M., Kiselev I. A., Proshkina-Lavrenko A. I., Sheshukova V. S. 1951. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Вып. 4. Diatomovye vodorosli* [Key to the freshwater algae of the USSR. Iss. 4. Diatoms]. Moscow: 619 p. [Забелина М. М., Киселев И. А., Прошкина-Лавренко А. И., Шешукова В. С. 1951. *Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли*. М.: 619 с.].