

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia*. 2018, 28(2): 113–120

<https://doi.org/10.15407/alg28.02.113>

УДК [581.4:582.261.1]:911.375

ГЕНКАЛ С.И.<sup>1</sup>, ЩЕРБАК В.И.<sup>2</sup>, КРАВЦОВА О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,  
пос. Борок, Некоузский р-н, 152742, Ярославская обл., Россия  
[genkal47@mail.ru](mailto:genkal47@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт гидробиологии НАН Украины,  
просп. Героев Сталинграда, 12, Киев 04210, Украина  
[ek424nat@ukr.net](mailto:ek424nat@ukr.net); [kravtsovaolga00@gmail.com](mailto:kravtsovaolga00@gmail.com)

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В ПОПУЛЯЦИЯХ  
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *THALASSIOSIRA* СІ.  
(*BACILLARIOPHYTA*) УРБАНИЗИРОВАННЫХ ВОДОЕМОВ  
УКРАИНЫ**

Проведено электронно-микроскопические исследование морфологии центрических диатомовых водорослей *Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle emend. Genkal и *Th. weissflogii* (Grunow) Fryxell et Hasle emend. Genkal et Kulikovskiy из некоторых урбанизированных водоемов Киева и Житомира. Установлено, что количественные и качественные показатели исследованных популяций (диаметр створки, число краевых выростов в 10 мкм и число опор у них, число центральных выростов и опор у них, строение и расположение центральных, краевых и двугубого выростов) соответствуют расширенному диагнозу этих видов. Вместе с тем, в одной из исследованных выборок *Th. faurii* наблюдали меньшее число опор у центральных выростов (3) по сравнению с описанием вида (4). Впервые у этих видов отмечено увеличение числа центральных выростов и уменьшение числа краевых выростов в 10 мкм с увеличением диаметра створки. Анализ количественных показателей по коэффициенту вариации показал, что наиболее изменчивым признаком является число выростов в центре створки ( $CV$  18–36%), а наиболее стабильным – число краевых выростов в 10 мкм (8–9%), что соответствует данным по другим родам *Centrophyceae* (*Cyclotella* Kütz., *Cyclostephanos* Round, *Discostella* Houk et Klee, *Handmannia* Peragallo, *Skeletonema* Greville, *Stephanodiscus* Ehr.).

Ключевые слова: *Bacillariophyta*, морфологическая изменчивость, *Thalassiosira faurii*, *Th. weissflogii*, Украина

**Введение**

*Thalassiosira faurii* относится к редким видам для флоры Украины, отмечено лишь несколько ее местонахождений (Генкал, Щербак, 1987; Генкал и др., 2007; 2009; Algae, 2009; Genkal, Bilous, 2015). *Thalassiosira*

©Генкал С.И., Щербак В.И., Кравцова О.В., 2018

*weissflogii* имеет более широкое распространение (Генкал и др., 2009; Algae, 2009). Полученные нами сведения об их морфологии немногочисленны и соответствуют литературным данным (Генкал и др., 2007; Генкал, Куликовский, 2009). Исключение составляют такие показатели, как число ареол в 10 мкм на створке и на загибе, а также расположение центральных выростов на створке у *Th. faurii*. Они показали большую изменчивость по сравнению с литературными данными (Генкал и др., 2007).

Цель нашего исследования – определение морфологической изменчивости в популяциях *Th. faurii* и *Th. weissflogii* из урбанизированных водоемов Украины.

### Материалы и методы

Были исследованы пробы фитопланктона, отобранные в урбанизированных водоемах Киева (пруд парка «Нивки») и Житомира (Соколовский пруд) в течение вегетационных сезонов (весна–осень) 2016–2017 гг. Экосистемы находятся под значительным антропогенным воздействием (Щербак, Семенюк, 2006; Кравцова, 2016). Результаты мониторинга (табл. 1) показали, что на экосистему киевского пруда существенно влияют такие факторы, как бетонирование его берегов, близость оживленных городских магистралей со значительными выбросами выхлопных газов, культурно-развлекательные центры в пределах несуществующей санитарной зоны; для Соколовского пруда – это ливневый сток из жилищной застройки и внесение в него значительного количества органических и неорганических соединений для обеспечения промышленного рыбоводства.

Таблица 1

Экспертная оценка степени урбанизации исследуемых водоемов городов Киева и Житомира

Фактор антропогенного воздействия	Пруд парка «Нивки», г. Киев	Соколовский пруд, г. Житомир
Отсутствие санитарных полос	+	+
Техногенная трансформация берегов (бетонирование берегов)	+*	–
Наличие в прибрежной защитной полосе жилищной застройки	–	+*
Наличие в пределах санитарной зоны: автомобильных дорог автостоянок культурно-развлекательных центров	+*	–
	+	–
	+	–
Ливневый сток из жилищной застройки	–	+*
Рекреация	+	+
Любительское рыболовство	+	+
Промышленное разведение рыб	–	+*

Обозначения. «+» – наличие фактора, «–» – его отсутствие, \* – существенное влияние фактора.

Освобождение створок диатомей от органического вещества проводили методом холодного сжигания (Балонов, 1975). Приготовленные препараты исследовали в сканирующем электронном микроскопе JSM-25S.

Параллельно с отбором проб в исследованных водоемах определяли минерализацию воды электронным TDS-метром (TDS-3, HM Digital, Korea). Полученные данные статистически обрабатывали в программе STATISTICA 6.0.

### Результаты и обсуждение

В пресноводном пруду парка «Нивки», где в период исследований минерализация составляла  $438 \pm 75$  мг/дм<sup>3</sup>, наблюдали массовое развитие *Th. weissflogii*, в Соколовском пруду (минерализация  $286 \pm 36$  мг/дм<sup>3</sup>) массово вегетировала *Th. faurii*. Особенности морфологической изменчивости этих водорослей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Вариабельность морфологических признаков у популяций  
*Thalassiosira weissflogii* и *Th. faurii*

Таксон	Диаметр створки, мкм	Число				Литературные данные
		центральных выростов	опор у центральных выростов	краевых выростов в 10 мкм	опор у краевых выростов	
<i>Th. weissflogii</i> **	12,7–27,7	3–10		8–12		Генкал и др., 2009*
	10–35	2–28	3–4	8–16	4(3)	Генкал, Куликовский, 2009
	17,1–28,9 (CV 21,37)	3–7 (CV 23,38)	4	8–11 (CV 10,41)	4	Оригинальные данные
<i>Th. faurii</i>	13,3–66,6	2–10	4	5–14	4	Генкал и др., 2007
	16,9–20,0	4		12–14		Генкал, Щербак, 1987*
	21,4–25,5			6		Genkal, Vilous, 2015*
	17,5–28,9 (CV 13,29)	4–8 (CV 36,95)	(3)4	8–11 (CV 9,39)	4	Оригинальные данные – выборка 1
	18,6–28,9 (CV 11,74)	3–7 (CV 18,06)	4	8–11 (CV 8,90)	4	Оригинальные данные – выборка 2

Обозначения. CV – коэффициент вариации в процентах; \* – данные о таксонах из водоемов Украины; \*\* – вид переведен в род *Conticribra* – *C. weissflogii* (Grunow) K. Stachura-Suchoples & D.M. Williams (Stachura-Suchoples, Williams, 2009).

В популяции *Th. weissflogii* (Табл. I, II) морфологические признаки (диаметр створки, число краевых выростов в 10 мкм и число опор у них, число центральных выростов и число опор у них, строение и расположение центральных, краевых и двугубого выростов) соответствуют расширенному диагнозу вида (Генкал, Куликовский, 2009) и данным по украинским популяциям (см. табл. I). Согласно литературным сведениям, центральные выросты располагаются преимущественно в виде кольца с максимальным их количеством (7–28) или в виде группы с небольшим числом этих выростов, при этом были зафиксированы выросты, расположенные в один ряд (2–3 выроста) (Генкал, Куликовский, 2009). В исследованной популяции центральные выросты располагались преимущественно в виде группы из 3–5 выростов, на отдельных створках – в один ряд (до 6 выростов) и редко в виде круга.

Были изучены две выборки *Th. faurii* (Табл. II–IV): первая базируется на пробах, собранных в течение вегетационного периода 2016 г., вторая – на пробах, собранных в марте 2017 г. По морфологическим показателям (диаметр створки, число краевых выростов в 10 мкм и число опор у них, число центральных выростов и число опор у них, строение и расположение центральных, краевых и двугубого выростов) выборки практически не отличались друг от друга (см. табл. I) (Генкал и др., 2007). В результате сравнения с украинскими популяциями замечено, что в наших пробах створки имели меньшие или большие значения числа краевых выростов в 10 мкм, что может быть обусловлено межпопуляционной изменчивостью (Генкал, 2007, 2013; Kiss et al., 2013; Genkal, 2014; Genkal, Chesryzheva, 2016; и др.). В популяции *Th. faurii* из первой выборки редко встречались створки, на которых центральный вырост имел 3, а не 4 опоры.

Данные о закономерностях изменчивости основных количественных морфологических показателей у представителей рода *Thalassiosira* практически отсутствуют. Имеется лишь одна публикация по *Th. lacustris* (Grunow) Hasle и *Th. gessneri* Hustedt (Kiss et al., 2002). Для последнего вида показано увеличение числа центральных выростов и уменьшение числа краевых выростов в 10 мкм с увеличением диаметра створки (Kiss et al., 2002). В наших пробах у *Th. weissflogii* наблюдалась аналогичная зависимость (см. рисунок, 1a, 1b). Для второй выборки *Th. faurii* выявлены такие же закономерности (см. рисунок, 3a, 3b), а в первой число краевых выростов в 10 мкм с увеличением диаметра створки тоже увеличивается (см. рисунок, 2a, 2b), что характерно также для *Th. lacustris* (Kiss et al., 2002). *Thalassiosira weissflogii* и *Th. faurii* относятся к колониальным видам (Макарова, 1988; Генкал и др., 2009). Известно, что из центральных и краевых выростов выделяются слизистые или хитиновые тяжи, краевые выросты на створке служат для соединения клеток в гибкие колонии (Генкал, Макарова, 1984), поэтому закономерно, что их число с ростом диаметра тоже увеличивается с целью сохранения колониальности у более крупных клеток. Существует

гипотеза, согласно которой продуцирование представителями рода *Thalassiosira* хитиновых тяжей через краевые выросты является одним из эффективных механизмов увеличения удельной и общей поверхности клетки, что способствует парению водорослей в толще воды и предохраняет их от выедания зоопланктоном (Генкал, Макарова, 1984).

Если оценивать таксономическую значимость количественных морфологических признаков по коэффициенту вариации в порядке его возрастания, то расположение показателей для *Th. weissflogii* и *Th. faurii* будет одинаковым: число центральных выростов, диаметр створки, число краевых выростов в 10 мкм. Аналогичная ситуация наблюдается для популяции *Th. weissflogii* из р. Ижора (Генкал, 1993). Число центральных выростов у многих крупноклеточных видов из родов *Cyclotella* Kütz. и *Stephanodiscus* Ehr. также относится к наиболее изменчивым показателям (Генкал, 1993; Генкал, Ярушина, 2004). Данные о таксономических показателях у других представителей рода *Thalassiosira* немногочисленны. Имеются сведения о *Th. pseudonana*, *Th. guillardii* и *Th. proshkinae* (Генкал, 1993), из которых следует, что в большинстве случаев диаметр створки более изменчив, чем число краевых выростов в 10 мкм, что совпадает с полученными нами данными. У представителей других родов *Centrophyceae* (*Cyclotella*, *Cyclostephanos* Round, *Discostella* Houk et Klee, *Handmannia* Peragallo, *Sceletonema*, *Stephanodiscus*) наблюдается аналогичная картина (Генкал, 1993, 2007, 2010; Genkal, 2014).

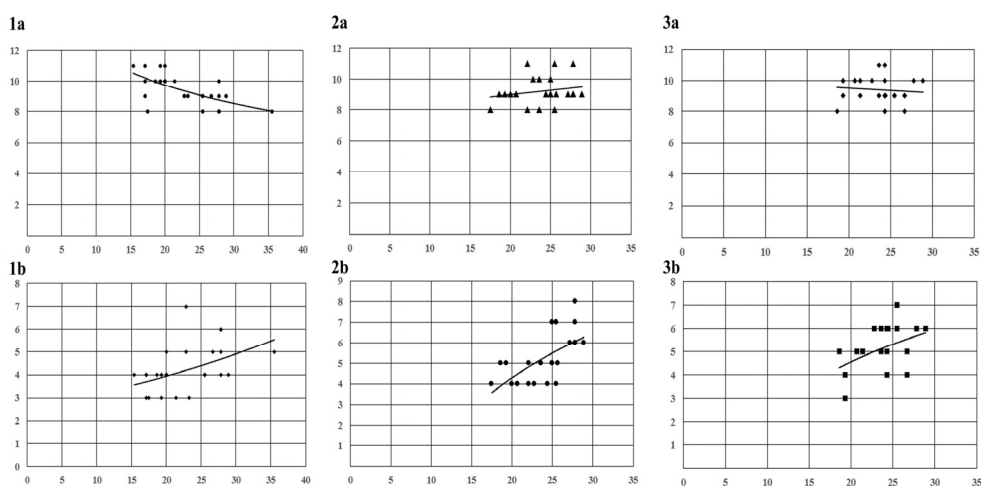


Рисунок. Зависимость между диаметром створки (ось ординат) и числом краевых (a) и центральных (b) выростов (ось абсцисс): 1 – *Thalassiosira weissflogii*; 2 – *Th. faurii* (выборка 1); 3 – *Th. faurii* (выборка 2)

## Заключение

Изменчивость количественных и качественных показателей в популяциях *Thalassiosira weissflogii* и *Th. faurii* из водоемов Украины соответствует литературным данным. Для *Th. weissflogii* зафиксировано большее число центральных выростов, а в одной из исследованных выборок *Th. faurii* наблюдали меньшее число опор у центральных выростов (3 опоры) по сравнению с описанием вида (4 опоры). Выявленная зависимость изменчивости числа центральных и краевых выростов от диаметра створки совпадает с литературными данными. Оценка таксономической значимости количественных признаков (диаметр створки, число центральных и краевых выростов с опорами) у *Th. weissflogii* и *Th. faurii* показала, что наиболее вариabельным является число выростов в центре створки, а к наиболее стабильным показателям относится число краевых выростов в 10 мкм, что совпадает с литературными данными по другим родам *Centrophyceae*.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балонов И.М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии. В кн.: *Методика изучения биогеоценозов*. М.: Наука, 1975. С. 87–89.
- Генкал С.И. *Внутривидовая изменчивость пресноводных диатомовых водорослей класса Centrophyceae*: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Санкт-Петербург, 1993. 41 с.
- Генкал С.И. Морфологическая изменчивость, таксономия и экология видов комплекса *Handmannia comta* / *H. radiosa* (*Bacillariophyta*). *Альгология*. 2013. 23(4): 363–381.
- Генкал С.И. Морфология, таксономия, экология и распространение мелкоразмерных видов *Stephanodiscus* (*Bacillariophyta*). 2. *S. makarovae*. *Бот. журн.* 2007. 92(2): 241–248.
- Генкал С.И. Морфология, таксономия, экология и распространение мелкоразмерных видов *Stephanodiscus* (*Bacillariophyta*). 3. *S. minutulus*. *Бот. журн.* 2010. 95(9): 1247–1254.
- Генкал С.И., Куликовский М.С. К морфологии, экологии и распространению *Thalassiosira weissflogii* (*Bacillariophyta*). *Поволжский экол. журн.* 2009. 3: 183–189.
- Генкал С.И., Макарова И.В. О роли подпертых выростов в жизнедеятельности водорослей из рода *Tahalassiosira* Cl. (*Bacillariophyta*). *Новости системат. низш. раст.* 1984. 21: 9–12.
- Генкал С.И., Щербак В.И. Новые данные о флоре диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*, *Centrophyceae*) Киевского водохранилища. *Укр. бот. журн.* 1987. 44(1): 61–65.
- Генкал С.И., Щербак В.И., Майстрова Н.В. Морфологическая изменчивость и таксономия *Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle (*Bacillariophyta*). *Новости системат. низш. раст.* 2007. 41: 26–33.
- Генкал С.И., Ярушина М.И. Новый вид *Cyclotella* (*Bacillariophyta*) из озер Полярного Урала. *Бот. журн.* 2004. 89(9): 1497–1501.

- Кравцова О.В. Динаміка фітопланктону у міських водоймах з різним ступенем антропогенного навантаження. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2016. (3–4): 41–47.
- Макарова И.В. *Диатомовые водоросли морей СССР: род Thalassiosira* Сl. Л.: Наука, 1988. 117 с.
- Щербак В.І., Семенюк Н.Є. Індикація впливу урбанізації на водойми за різноманіттям фітопланктону. *Доп. НАН України.* 2006. (12): 170–175.
- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography.* Vol. 2. *Bacillariophyta.* P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo (Eds). Ruggell: Gantner Verlag K.-G., 2009. 413 p.
- Genkal S.I. Morphology, taxonomy, ecology and distribution of *Cyclotella meduanae* Germain (*Bacillariophyta*). *Nova Hedw.* 2014. 143: 127–140.
- Genkal S.I., Bilous O.P. Centric diatoms (*Centrophyceae*) of the Lower Portion of the southern Bug River (Ukraine). *Int. J. Algae.* 2015. 17(4): 339–350.
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. On morphology, taxonomy, ecology and distribution of *Cyclotella rossii* Hekansson (*Bacillariophyta*). *Nova Hedw.* 2016. 202(3–4): 399–421.
- Kiss K.T., Genkal S.I., Ector L., Molnar L., Duleba M., Biro P. Morphology, taxonomy and distribution of *Stephanodiscus triporus* (*Bacillariophyceae*) and related taxa. *Eur. J. Phycol.* 2013. 48(4): 363–379.
- Kiss K.T., Iserentant R., Acs E., Ector L. *Thalassiosira gessneri* Hustedt and *Th. lacustris* (Grunow) Hasle in the rivers Moselle (Luxembourg), Rhône, Saône (France), Danube (Hungary) and the channel Main-Danube (Germany). *Algol. Stud.* 2002. 107: 17–37.
- Stachura-Suchoples K., Williams D.M. Description of *Conticribra tricircularis*, new genus and species of *Thalassiosirales*, with a discussion on its relationship to other continuous cribra species of *Thalassiosira* Cleve (*Bacillariophyta*) and its freshwater origin. *Eur. J. Phycol.* 2009. 44(4): 477–486.

Поступила 26.09.2017 г.

Подписал в печать С.Ф. Комулайнен

#### REFERENCES

- Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography.* Vol. 2. *Bacillariophyta.* P.M. Tsarenko, S.P. Wasser, E. Nevo (Eds). Ruggell: Gantner Verlag K.-G., 2009. 413 p.
- Balonov I.M. V kn.: *Metodika izucheniya biogeotsenozov* [The method of studying biogeocoenoses]. Moscow: Nauka Press, 1975. P. 87–89.
- Genkal S.I. *Vnutrividovaya izmenchivost presnovodnykh diatomovykh vodorosley klassa Centrophyceae* [Intraspecific variability of freshwater diatoms of the class Centrophyceae]: Abstr. Dr. Sci. (Biol.) Thesis. St. Petersburg, 1993. 41 p.
- Genkal S.I. *Bot. J.* 2007. 92(2): 241–248.
- Genkal S.I. *Bot. J.* 2010. 95(9): 1247–1254.
- Genkal S.I. *Algologia.* 2013. 23(4): 363–381.
- Genkal S.I. Morphology, taxonomy, ecology and distribution of *Cyclotella meduanae* Germain (*Bacillariophyta*). *Nova Hedw.* 2014. 143: 127–140.
- Genkal S.I., Bilous O.P. *Int. J. Algae.* 2015. 17(4): 339–350.
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. *Nova Hedw.* 2016. 202(3–4): 399–421.
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. *Povolzhskiy ekol. J.* 2009. 3: 183–189.

- Genkal S.I., Makarova I.V. *Novosti sistemat. nizsh. rast.* 1984. 21: 9–12.
- Genkal S.I., Shcherbak V.I. *Ukr. bot. J.* 1987. 44(1): 61–65.
- Genkal S.I., Shcherbak V.I., Maystrova N.V. *Novosti sistemat. nizsh. rast.* 2007. 41: 26–33.
- Genkal C.I., Yarushina M.I. *Bot. J.* 2004. 89(9): 1497–1501.
- Kiss K.T., Genkal S.I., Ector L., Molnar L., Duleba M., Biro P. *Eur. J. Phycol.* 2013. 48(4): 363–379.
- Kiss K.T., Iserentant R., Acs E., Ector L. *Algol. Stud.* 2002. 107: 17–37.
- Kravtsova O.V. *Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biol.* 2016. (3–4): 41–47.
- Makarova I.V. *Diatomoyve vodorosli morey SSSR: rod Thalassiosira Cl. [Diatoms of seas of the USSR: genus Thalassiosira Cl.]*. Leningrad: Nauka Press, 1988. 117 p.
- Shcherbak V.I., Semenyuk N.Ye. *Dop. NAN Ukraine.* 2006. (12): 170–175.
- Stachura-Suchoples K., Williams D.M. *Eur. J. Phycol.* 2009. 44(4): 477–486.

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia*. 2018, 28(2): 113–120

<https://doi.org/10.15407/alg28.02.113>

Genkal S.I.<sup>1</sup>, Scherbak V.I.<sup>2</sup>, Kravtsova O.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Papanin Institute for Biology of Inland Waters, RAS,  
Settl. Borok, Nekouz District, 152742 Yaroslavl Region, Russia

<sup>2</sup>Institute of Hydrobiology, NAS of Ukraine,  
12, Prosp. Geroyev Stalingrada, Kiev 04210, Ukraine

MORPHOLOGICAL VARIABILITY IN THE POPULATIONS OF SOME SPECIES OF THE GENUS *THALASSIOSIRA* Cl. (*BACILLARIOPHYTA*) IN THE URBANIZED WATER BODIES OF UKRAINE

This electron microscopy study of the morphology of centric diatoms *Thalassiosira faurii* (Gasse) Hasle emend. Genkal and *Th. weissflogii* (Grunow) Fryxell et Hasle emend. Genkal et Kulikovskiy from some urban waterbodies of Ukraine (Kiev and Zhitomir) has shown that their quantitative and qualitative characters (valve diameter, number of marginal fuloportulae in 10 µm and number of satellite pores in them, number of central fuloportulae and number of satellite pores in them, structure and arrangement of central and marginal fuloportulae as well as rimoportulae) correspond to the extended diagnosis of these species. At the same time, in one of the *Th. faurii* samples we have observed a smaller number of satellite pores in central fuloportulae (3) as compared to the description of this species (4). For the first time, patterns of variability in the number of central and marginal processes in 10 µm (an increase in the number of central fuloportulae and decrease in the number of marginal ones in 10 µm with increasing valve diameter) have been revealed in the two species under study. An assessment of the taxonomic value of quantitative features in respect to the coefficient of variation has shown that the number of processes in the valve center is the most variable (CV 18–36%), and the number of marginal processes in 10 µm is the most stable characteristic (8–9%), which coincides with the data on other genera of *Centrophyceae* (*Cyclotella* Kütz., *Cyclostephanos* Round, *Discostella* Houk et Klee, *Handmannia* Peragallo, *Skeletonema* Greville, *Stephanodiscus* Ehr.).

Key words: *Bacillariophyta*, morphological variability, *Thalassiosira faurii*, *Th. weissflogii*, Ukraine



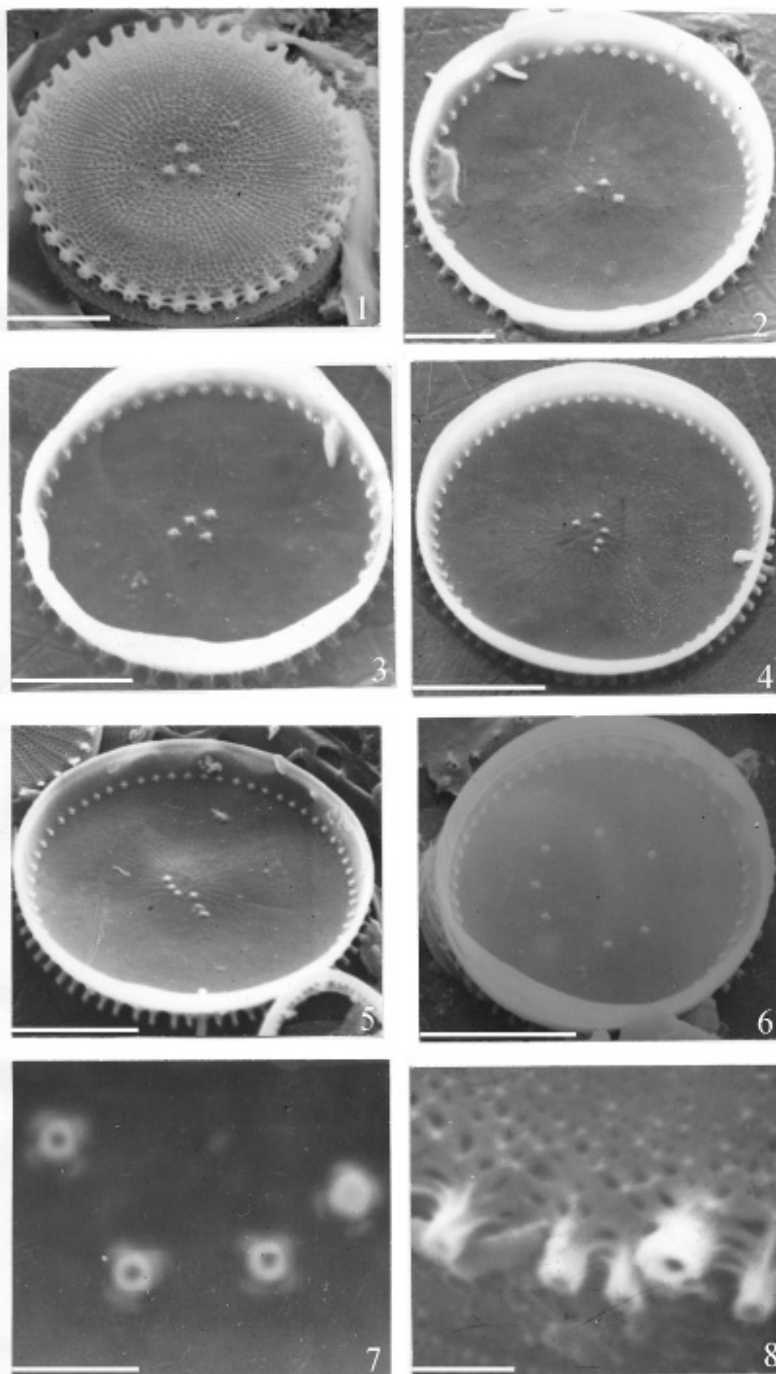


Табл. 1. *Thalassiosira weissflogii* (СЭМ): 1 – створка с наружной поверхности; 2–6 – вариации числа, расположения центральных и двугубого выростов; 7 – вариации числа опор (3 или 4) у центральных выростов с внутренней поверхности; 8 – краевые и двугубый выросты с наружной поверхности. Масштаб: 1–3 – 5 мкм; 4–6 – 10 мкм; 7, 8 – 1 мкм

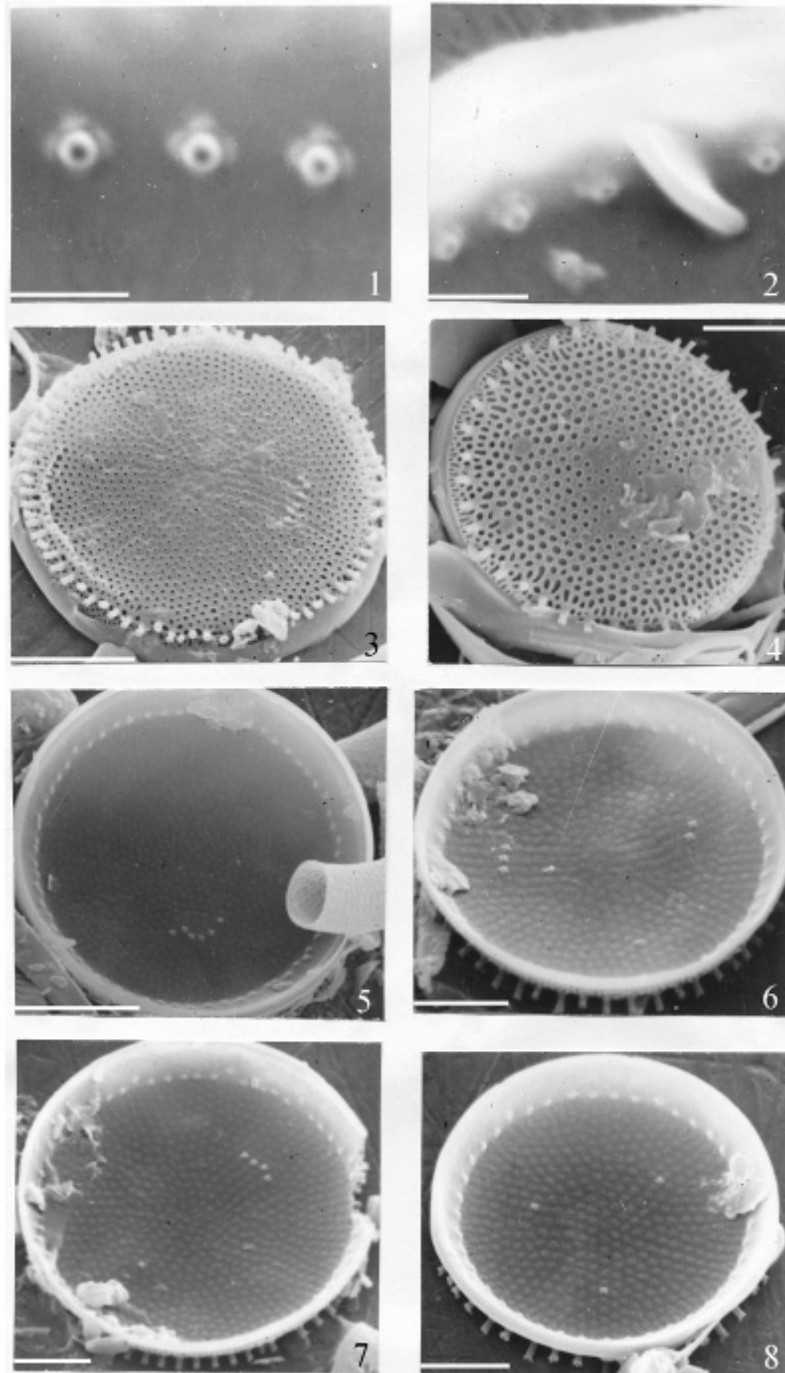


Табл. II. *Thalassiosira weissflogii* (1, 2) и *Th. faurii* (3–8, выборка 1, СЭМ): 1 – краевые выросты с внутренней поверхности; 2 – двугубый вырост с внутренней поверхности; 3, 4 – створки с наружной поверхности; 4–8 – вариации числа и расположения центральных выростов с внутренней поверхности. Масштаб: 1, 2 – 1 мкм; 3 – 10 мкм; 4–8 – 5 мкм

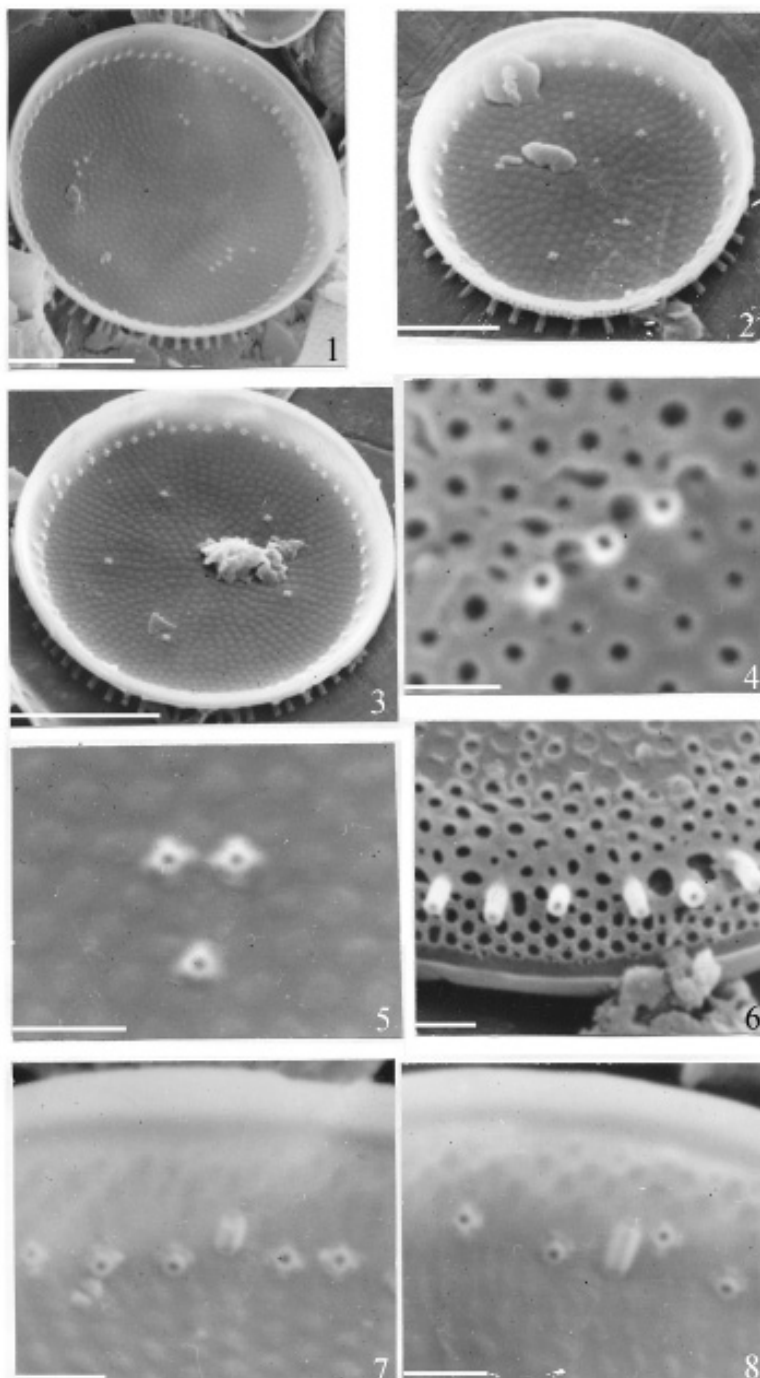


Табл. III. *Thalassiosira faurii* (выборка 1, СЭМ): 1-3 – вариации числа и расположения центральных выростов с внутренней поверхности; 4, 5 – центральные выросты с наружной поверхности и внутренней поверхности соответственно; 6 – краевые выросты с наружной поверхности; 7, 8 – краевые и двугубый выросты с внутренней поверхности. Масштаб: 1, 3 – 10 мкм; 2 – 5 мкм; 4-8 – 1 мкм

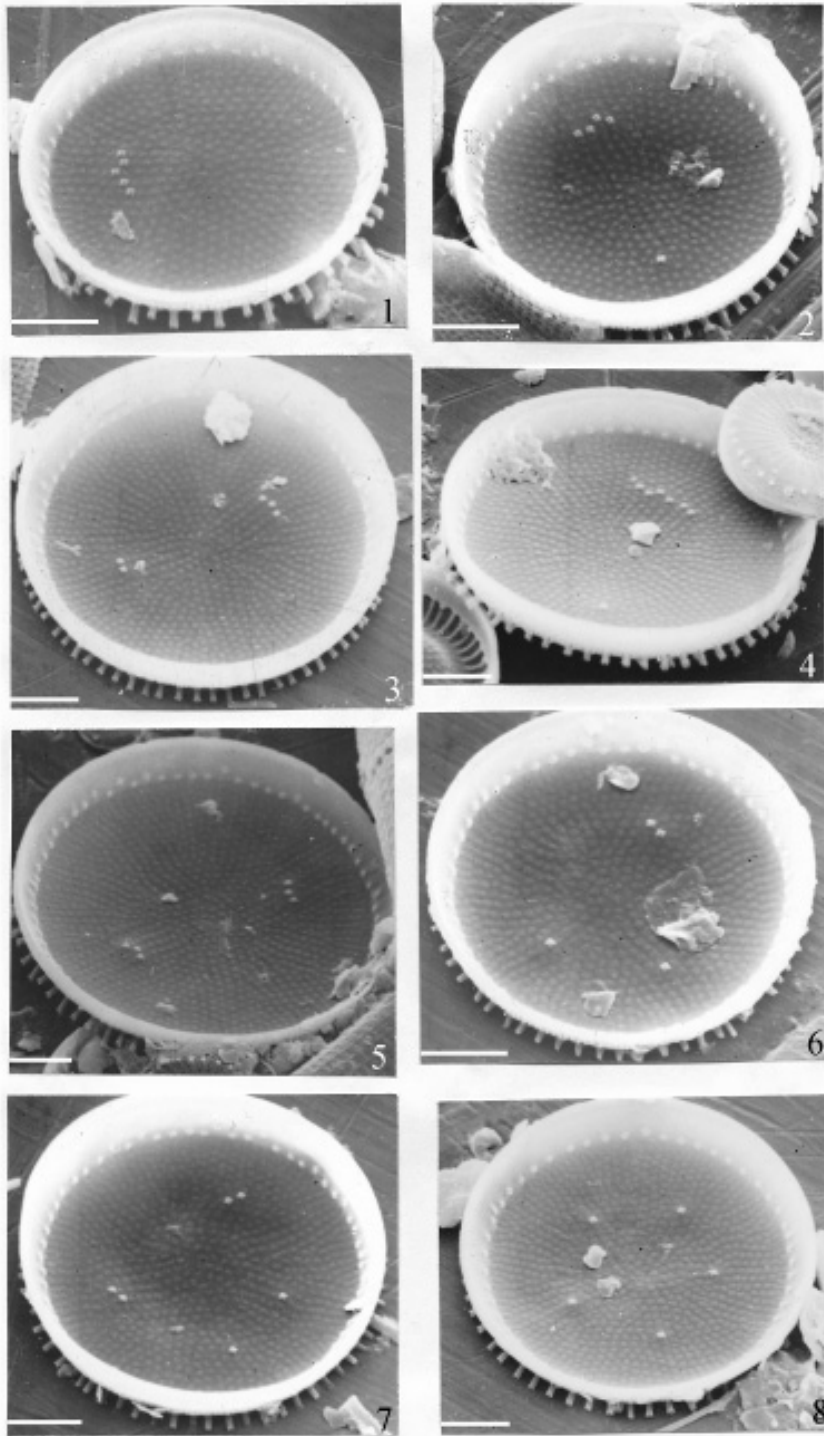


Табл. IV. *Thalassiosira faurii* (выборка 2, СЭМ): 1–8 – вариации числа и расположения центральных выростов с внутренней поверхности. Масштаб 1–8 – 5 мкм