

## РОДЫ *THALASSIOSIRA* И *SHIONODISCUS* (BACILLARIOPHYTA) В ЯПОНСКОМ МОРЕ

© 2020 г. О. Г. Шевченко<sup>1,2,\*</sup>, М. А. Шульгина<sup>1,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН  
ул. Пальчевского, 17, Владивосток, 690041, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет  
ул. Луговая, 52Б, Владивосток, 690087, Россия

\*e-mail: 713553@mail.ru

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

Поступила в редакцию 04.03.2020 г.

После доработки 15.05.2020 г.

Принята к публикации 15.06.2020 г.

На основании оригинальных исследований и данных литературы впервые составлен аннотированный список видов *Thalassiosira* и *Shionodiscus* — планктонных диатомовых водорослей Японского моря. Список включает информацию по экологии и распределению 36 таксонов *Thalassiosira* и 4 таксонов *Shionodiscus*. Сведения о роде *Shionodiscus* в Японском море приводятся впервые. Представлены морфологические описания по данным электронной микроскопии для *T. aestivalis*, *T. hyalina*, *T. pseudonana* и *T. tenera* — редких для северо-западной части Японского моря видов.

**Ключевые слова:** диатомовые водоросли, *Thalassiosira*, *Shionodiscus*, аннотированный список, редкие виды, Японское море

**DOI:** 10.31857/S0006813620100087

Род *Thalassiosira* Cleve описан Клеве в 1873 году при изучении “цветения” воды в проливе Дейвиса (Cleve, 1873). Представители рода широко распространены во всех климатических поясах Мирового океана, вызывают “цветение” воды в умеренных и полярных широтах, в том числе вредоносное для гидробионтов (Hasle, Syvertsen, 1997; Fryxell, Hasle, 2004; Ianora et al., 2004). В настоящее время по оценкам различных исследователей род *Thalassiosira* включает 100–400 видов (Round et al., 1990; Alverson et al., 2006). По видовому разнообразию среди центрических диатомовых водорослей он находится на втором месте после рода *Chaetoceros*. Значительный толчок в исследовании строения панцирей диатомовых водорослей произошел благодаря привлечению методов электронной микроскопии. Описание морфологии большого числа видов *Thalassiosira*, в том числе новых для науки, относится к 70-м годам прошлого столетия (Hasle, Heimdal, 1970; Fryxell, Hasle, 1972, 1977, 1979; Hasle, 1972, 1973a, b, 1978; Somers, 1972; Fryxell, 1975). В этот период были описаны структура двугубых выростов и выростов с опорами и морфология поясковых ободков, ареол. Позже детальное описание представителей *Thalassiosira* из разных акваторий было приведено в работах Hallegraeff (1984), Herzig, Fryxell

(1986), Mahood et al. (1986), Takano (1990), Harris et al. (1995), Muylaert, Sabbe (1996), Sar et al. (2002). Из состава рода *Thalassiosira* на основании различий в строении створки был выделен новый род *Shionodiscus* (Alverson et al., 2006). К настоящему времени известно о распространении представителей *Shionodiscus* в море Уэдделла, в прибрежных водах Шетландских островов, в водах на юге Австралии и прибрежных водах Южной Америки (Alverson et al., 2006; Wilks, Armand, 2017; Ferrario et al., 2018).

В Японском море в юго-восточной части детально изучен видовой состав рода *Thalassiosira*, составлены диагнозы и опубликованы микрофотографии каждого вида (Park et al., 2009; 2016). Сведения о таксономии видов рода *Thalassiosira* в северо-западной части Японского моря крайне ограничены; в нескольких работах представлены морфологические описания, иллюстрированные микрофотографиями (Kononova, 1987; Makarova, 1988; Shevchenko et al., 2003). Информация о видах рода *Thalassiosira* приведена в публикациях, посвященных исследованию видового состава фитопланктона в целом (Kononova et al., 1989; Orlova et al., 2009). Отдельные представители рода играют существенную роль в сообществе данной акватории. Так, *Thalassiosira nordenskiöldii* вызы-

вает зимние и ранневесенние “цветения” воды в прибрежной зоне подо льдом или в открытой части акватории, достигая численности свыше миллиона клеток в литре (Ponomareva, 1954; Zernova, 1980; Makarova, 1988). С декабря по март доля вида может составлять 70–90% от общей численности фитопланктона. В летний и осенний периоды представители рода также отмечены в числе доминирующих видов микроводорослей (Konovalova, 1987; Stonik et al., 2009).

Цель настоящей работы — на основе многолетних оригинальных исследований и обобщения данных литературы провести инвентаризацию таксономического состава родов *Thalassiosira* и *Shionodiscus* в Японском море, составить аннотированный список.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу настоящей работы легли круглогодичные батометрические сборы фитопланктона, выполненные на мониторинговых станциях в бухтах Парис и Житкова, а также в Уссурийском заливе (залив Петра Великого, Японское море) в 2013–2018 гг.

Материал исследовали в световом микроскопе Carl Zeiss, Axio Vert.A1. Детальное изучение тонкой структуры панциря проводили с использованием сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss, Sigma 300. Для сканирующей электронной микроскопии материал промывали дистиллированной водой, затем обезвоживали в этиловом спирте, выдерживая в разведениях 25, 50, 75 и 96% по 30 мин. Пробу на нуклеопоровом фильтре помещали на предметный столик и высушивали на воздухе. В вакуумном посту “Edwards, AUTO 306” на поверхность образцов было нанесено электропроводящее покрытие из углерода.

Географический анализ рода проводили по системе фитогеографического районирования, предложенной К.В. Беклемишевым с соавторами (Beklemishev et al., 1977). Классификация фитопланктона по типам биотопов дана по И.А. Киселеву (Kiselev, 1969).

В работе использована терминология, принятая для диатомовых водорослей (Gogorev et al., 2018), с уточнениями и дополнениями, приводимыми для рода *Thalassiosira* (Hasle, Syvertsen, 1997). Видовые и внутривидовые эпитеты приведены в алфавитном порядке.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На основе оригинальных данных и обобщения сведений литературы проведена ревизия видового состава родов *Thalassiosira* и *Shionodiscus* в Японском море. Аннотированный список, пред-

ставленный в виде таблицы, содержит информацию о 36 таксонах *Thalassiosira* (34 вида и 2 разновидности) (табл. 1). Большинство видов в районе исследования относятся к неритическим (26), отмечены панталассные (9) и океанический (1) виды. Половину списка составляют виды с тропическо-бореальным типом ареала (18 видов), им уступают аркто-бореальные виды (10). Представлены малым числом видов тропическо-аркто-бореальные (3), космополиты и тропические (по 2 вида) и один биполярный вид. Также в списке дана информация по 4 таксонам рода *Shionodiscus* (табл. 1). Представители *Shionodiscus* встречаются в прибрежной или панталассной зонах Японского моря, морские.

Во время исследования обнаружены редкие для северо-западной части Японского моря виды рода *Thalassiosira* — *T. aestivalis*, *T. hyalina*, *T. pseudonana* и *T. tenera*. В работе приведены их морфологические описания по данным сканирующей электронной микроскопии.

*Thalassiosira aestivalis* Gran et Angst (табл. I, 1, 2). Клетки соединены в цепочку одним тонким тяжом либо единичные. Створки круглые, на лицевой поверхности вогнутые, 36–38 мкм в диам. Ареолы собраны в пучки, расположены в радиальных рядах, 16–20 в 10 мкм, образуют сплошную сеть. Форамены 6–8-угольной формы. На наружной поверхности створки один центральный вырост с опорами, окруженный 7 крупными ареолами (табл. I, 1). На границе загиба створки и лицевой ее части кольцо равномерно расположенных выростов с опорами, 3–4 в 10 мкм; на наружной поверхности створки в виде трубки. Двугубый вырост находится в одном кольце с краевыми выростами с опорами, приближен к одному из них либо на равном расстоянии, в виде конусообразной крупной трубки, расширяющейся в дистальной части (табл. I, 2). Загиб створки невысокий, со структурой ареол, продолжающихся со створки, заканчивается радиальными ребрышками.

**Экология.** Вид морской, неритический, тропическо-бореальный.

**Распространение.** Тихий океан: залив Пьюджет Саунд; Калифорнийский залив; Чили, залив Вальпараисо; прибрежные воды Перу; прибрежные воды Корейского полуострова; Атлантический океан: Северное море, Гельголандская бухта; Черное море (Gran, Angst, 1931; Avaria, 1965; Smayda, 1966; Strickland, 1969; Hasle, 1978; Rivera, 1981; Makarova, 1988; Hernández-Becerril, Tapia Peña, 1995; Hoppenrath et al., 2007; Park et al., 2016).

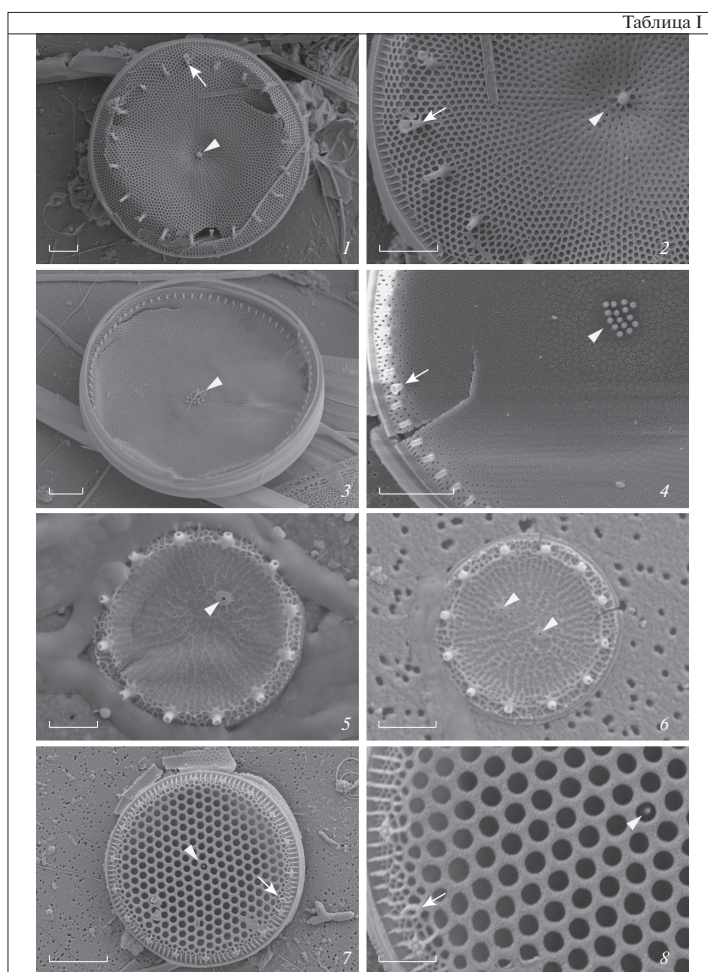
В бухте Парис, Японское море, единичные клетки отмечены в марте ( $t_{\text{воды}} -1.8^{\circ}\text{C}$ ).

*Thalassiosira hyalina* (Grunow) Gran (табл. I, 3, 4). Клетки соединены в колонии тонким тяжом, створки плоские, 25–33 мкм в диам. Ареолы расположены в радиальных рядах, 13–20 в 10 мкм,

**Таблица 1.** Аннотированный список родов *Thalassiosira* и *Shionodiscus* (Bacillariophyta) в Японском море  
**Table 1.** Annotated list of genera *Thalassiosira* and *Shionodiscus* (Bacillariophyta) from the Sea of Japan

Таксон Taxon	Географический тип Geographical type	Экологический тип Ecological type		Источник Source
<i>Thalassiosira</i> Cleve				
<i>T. aestivalis</i> Gran et Angst	TB	N	M	2, 9, 11
<i>T. angulata</i> (Greg.) Hasle	AB	N	M	3
<i>T. anguste-lineata</i> (Schmidt) Fryxell et Hasle	TAB	N	M, B	2–4, 6, 8, 9
<i>T. antarctica</i> var. <i>borealis</i> Fryxell, Doucette et Hubbard	BIP	N	M	3
<i>T. binata</i> Fryxell	TB	N	M, B	5, 7–9
<i>T. condensata</i> Cleve	AB	P	M	3
<i>T. curviseriata</i> Takano	TB	N	M	4, 5–7
<i>T. decipiens</i> (Grun. et Van Heurck) Jørg.	AB	P	E	1, 2, 9
<i>T. delicatula</i> Ostenf.	TB	N	M	9
<i>T. eccentrica</i> (Ehrenb.) Cleve	TB	N	E	1, 3, 6, 8, 9
<i>T. gravida</i> Cleve	AB	P	M	1–4, 6, 8, 9
<i>T. guillardii</i> Hasle	TB	N	B	7, 8
<i>T. hyalina</i> (Grun.) Gran	AB	P	M	3, 11
<i>T. lacustris</i> (Grun.) Hasle et Fryxell	TB	N	M, B	9
<i>T. leptopus</i> (Grun.) Hasle et Fryxell	TB	P	M	3
<i>T. levanderi</i> Goor	AB	N	B	1, 2
<i>T. lineata</i> Jousé	T	P	M	9
<i>T. lundiana</i> Fryxell	C	N	E	9
<i>T. mala</i> Takano	TB	N	M	7–9
<i>T. mediterranea</i> (Schröd.) Hasle	TB	N	–	9
<i>T. minicosmica</i> Lee et Park	TB	N	M, B	9
<i>T. minima</i> Gaarder	C	P	M	9
<i>T. minuscula</i> Krasske	TB	N	M	9
<i>T. nodulolineata</i> (Hendey) Hasle et Fryxell	TB	N	M	9
<i>T. nordenskiöldii</i> Cleve	AB	N	M	1–4, 6, 8, 9
<i>T. oceanica</i> Hasle	TB	N	M	9
<i>T. ordinaria</i> Makarova	AB	N	M	10
<i>T. pacifica</i> Gran et Angst	TB	N	M	3, 4, 6, 8, 9
<i>T. proschkinae</i> var. <i>spinulata</i> (Takano) Makarova	TB	N	B	7, 8
<i>T. pseudonana</i> Hasle et Heimdal	TB	N	M, B	8, 11
<i>T. punctifera</i> (Grun.) Fryxell, Simonsen et Hasle	T	P	M	9
<i>T. punctigera</i> (Castrac.) Hasle	TAB	N	M	1, 3, 4, 6, 8, 9
<i>T. subtilis</i> (Ostenf.) Gran	TB	O	M	3
<i>T. tenera</i> Proshk.-Lavr.	TAB	N	M, B	6, 9, 11
<i>T. variabilis</i> Makarova	AB	P	M	1
<i>T. wongii</i> Mahood	AB	N	B	5
<i>Shionodiscus</i> Alvenson, Kang et Ther.				
<i>S. bioculatus</i> (Grunow) Alvenson, Kang et Ther. ≡ <i>Thalassiosira bioculata</i> (Grunow) Ostenf.	TAB	N	M	3
<i>S. oestrupii</i> var. <i>oestrupii</i> (Ostenf.) Alvenson, Kang et Ther. ≡ <i>Thalassiosira oestrupii</i> var. <i>oestrupii</i> (Ostenf.) Hasle	C	P	M	3, 4, 8
<i>S. oestrupii</i> var. <i>venrickae</i> (Fryxell et Hasle) Alvenson, Kang et Ther. ≡ <i>Thalassiosira oestrupii</i> var. <i>venrickae</i> Fryxell et Hasle	T	P	M	3
<i>S. poroseriatus</i> (Ramsfjell) Alvenson, Kang et Ther. ≡ <i>Thalassiosira poroseriata</i> (Ramsfjell) Hasle	BIP	N	M	5

Примечание. AB – арктическо-бореальный; TB – тропическо-бореальный, TAB – тропическо-аркто-бореальный; BIP – би-полярный; T – тропический, C – космополитический, N – неритический, O – океанический, P – панталассный, M – морской, B – солоноватоводный, E – эвригалинный. Цифрами 1–11 обозначены источники литературы, в которых упоминается вид: 1 – Konovalova, 1979; 2 – Konovalova, 1984, 3 – Makarova, 1988; 4 – Konovalova et al., 1989; 5 – Orlova, 1990; 6 – Konovalova, Orlova, 1991; 7 – Shevchenko et al., 2003; 8 – Orlova et al., 2009; 9 – Park et al., 2016; 10 – Park, 2019; 11 – наши данные.  
 Note. AB – arctic-boreal, TB – tropical-boreal, TAB – tropical-arctic-boreal, BIP – bipolar, T – tropical, C – cosmopolitan, N – neritic; O – oceanic, P – panthalassic, M – marine, B – brackish water, E – euryhaline. The numbers 1–11 indicate references in which the species is mentioned: 1 – Konovalova, 1979; 2 – Konovalova, 1984, 3 – Makarova, 1988; 4 – Konovalova et al., 1989; 5 – Orlova, 1990; 6 – Konovalova, Orlova, 1991; 7 – Shevchenko et al., 2003; 8 – Orlova et al., 2009; 9 – Park et al., 2016; 10 – Park, 2019; 11 – this study.



**Таблица I.** Редкие виды рода *Thalassiosira* северо-западной части Японского моря. 1, 2 – *Thalassiosira aestivalis*: 1 – общий вид створки, стрелочкой указан двугубый вырост, треугольной стрелкой обозначен центральный вырост с опорами, окруженный крупными ареолами, 2 – фрагмент створки, двугубый вырост расширенный в дистальной части (стрелочка), центральный вырост с опорами, вокруг 7 крупных ареол (треугольная стрелка); 3, 4 – *Thalassiosira hyalina*: 3 – общий вид створки, треугольной стрелкой обозначены центральные выросты с опорами, двугубый вырост низкий в ряду краевых выростов с опорами (стрелочка), многочисленные центральные выросты с опорами (треугольная стрелка); 5, 6 – *Thalassiosira pseudonana*: 5 – створка, на поверхности ряда ребер без перегородок, стрелкой указан один центральный вырост с опорами, 6 – общий вид створки, ряды ребер с поперечными перегородками, стрелками обозначены центральные выросты с опорами; 7, 8 – *Thalassiosira tenera*: 7 – общий вид створки, стрелочкой указан двугубый вырост, треугольной стрелкой обозначен центральный вырост с опорами, 8 – фрагмент створки, двугубый вырост в виде невысокой сплюснутой с двух сторон трубки (стрелочка), центральный вырост с опорами внутри центральной ареолы (стрелка). СЭМ. Масштабная линейка: 1, 2, 3, 4, 7 – 5 мкм; 5, 6 – 1 мкм; 8 – 2 мкм.

**Plate I.** *Thalassiosira* species rare in the northwestern Sea of Japan. 1, 2 – *Thalassiosira aestivalis*: 1 – valve view, the arrow points to a labiate process, the arrowhead points to a central strutted process surrounded by large areolae, 2 – detail of a valve, a labiate process widened distally (arrow), a central strutted process inside the ring of 7 large areolae (arrowhead); 3, 4 – *Thalassiosira hyalina*: 3 – valve view, the arrowhead points to central strutted processes, 4 – detail of a valve, a small labiate process positioned between marginal strutted processes (arrow), multiple central processes (arrowhead); 5, 6 – *Thalassiosira pseudonana*: 5 – valve view, rows of costae without intercostal bridges, the arrowhead points to a single central strutted process, 6 – valve view, rows of costae linked by transverse bridges, central strutted processes (arrowheads); 7, 8 – *Thalassiosira tenera*: 7 – valve view, the arrow points to a labiate process, the arrowhead points to a central strutted process, 8 – detail of a valve, a labiate process in the shape of a short tube flattened on both sides (arrow), a central strutted process lying inside the central areola (arrowhead). SEM. Scale bars: 1–4, 7–5  $\mu\text{m}$ ; 5, 6 – 1  $\mu\text{m}$ ; 8 – 2  $\mu\text{m}$ .

форамены мелкие, округлой формы. В центре створки находятся 6–16 выростов с опорами (табл. I, 3). По краю створки кольцо из часто и равномерно расположенных краевых выростов с опорами, каждый из которых в виде узкой трубки,

8–10 в 10 мкм. Двугубый вырост один, в виде низкой, расширенной кверху трубки, находится в кольце краевых выростов (табл. I, 4). Загиб створки низкий, с округлыми и продолговатыми продолжающимися со створки ареолами.

**Экология.** Вид морской, океанический и неритический, арктическо-бореальный.

**Распространение.** Тихий океан: прибрежные воды Хоккайдо, Японское море; Берингово, Охотское моря; Атлантический океан: Девисов пролив, Балтийское, Норвежское, Гренландское моря, Баффинов и Гудзонов заливы; прибрежные воды Великобритании; Северный Ледовитый океан: Баренцево, Карское, Белое моря, море Лаптевых (Gran, 1897, Hendey, 1964; Hasle, 1976; Semina, 1981; Takano, 1981; Makarova, 1988; Quillfeldt, 2001).

В бухте Парис, Японское море, клетки отмечены в марте ( $t_{\text{воды}} - 1.8^{\circ}\text{C}$ ).

*Thalassiosira pseudonana* Hasle et Heimdal (табл. I, 5, 6). Клетки очень мелкие, 4–6 мкм в диам. Наружная поверхность створки состоит из радиальных ребер, 5–7 в 1 мкм, которые к краю дихотомически разветвляются; ребра с поперечными перегородками, либо без них (табл. I, 5, 6). Центральный вырост с опорами смещен от центра, в количестве 1–2 (табл. I, 6). На границе с загибом створки кольцо краевых выростов с опорами, каждый из которых в виде короткой широкой трубки, 10–15 в 10 мкм. Двугубый вырост один, в кольце краевых, малых размеров в виде округлой щели, приближен к одному из краевых выростов. Загиб створки относительно высокий, повторяется структура поверхности створки.

**Экология.** Вид солоноватоводный и морской, бореально-тропический.

**Распространение.** Тихий океан: Охотское, Восточно-Китайское моря; залив Теуантепек; водохранилища и притоки рек западной России; озеро Байкал; прибрежные воды морей Европы, реки Англии, Венгрии, эстуарии рек Бельгии и Германии, водоемы Японии, Австралия, река Суон (Hallegraeff, 1984; Makarova, 1988; Cheng et al., 1993; Harris et al., 1995; Muylaert, Sabbe, 1996; Aké-Castillo et al., 1999; Li et al., 2013).

В бухте Парис, Японское море, клетки отмечены в декабре-феврале ( $t_{\text{воды}} - 1.8^{\circ}\text{C}$ ).

*Thalassiosira tenera* Proshk.-Lavr. (табл. I, 7, 8). Клетки образуют короткие колонии. Створки плоские, 10–20 мкм в диаметре. Ареолы расположены в линейных рядах, форамены круглые, 9–13 в 10 мкм (табл. I, 7). Внутри центральной ареолы находится центральный вырост в виде короткой трубки, не выходит за поверхность створки. Краевые выросты с опорами невысокие, расположены на границе с загибом створки, 3–4 в 10 мкм. К каждому краевому выросту примыкает по 4 пластинки, придающих им зубчатую форму. Двугубый вырост в виде сплюснутой с боков невысокой трубки, в одном кольце с краевыми выростами, ближе к одному из них. Загиб створки низкий со структурой из ребрышек, между которыми по 2 ряда пор (табл. I, 8).

**Экология.** Вид морской, солоноватоводный, неритический, тропическо-аркто-бореальный.

**Распространение.** Тихий океан: залив Сан-Франциско, залив Монтерей; залив Пьюджет Саунд; залив Порт Филипп; залив Теуантепек; залив Микава, прибрежные воды Йокохамы; Желтое море, прибрежные воды Корейского полуострова; Южно-Китайское море; Атлантический океан: Северное море; прибрежные воды Аргентины, Бразилии; Черное море; эстуарии рек Великобритании, реки Шотландии, Японии; озеро Кперан (Proshkina-Lavrenko, 1961; Hasle, Fryxell, 1977; Mahood et al., 1986; Takano, 1980; Cheng et al., 1993; Harris et al., 1995; Aké-Castillo et al., 1999; Sar et al., 2002; Hoppenrath et al., 2007; Lee, Park, 2008; Li et al., 2013).

В бухте Парис, Японское море, единичные клетки отмечены в августе ( $t_{\text{воды}} + 22^{\circ}\text{C}$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Представленный в работе аннотированный список содержит сведения о 40 таксонах, из них: 36 – *Thalassiosira* и 4 – *Shionodiscus*. Сравнение полученных данных с другими районами Мирового океана показало значительное видовое разнообразие рода *Thalassiosira* в Японском море. Для примера, в прибрежных водах Корейского полуострова известно 44 вида *Thalassiosira* (Park et al., 2016), у побережья Гуандун, Южно-Китайское море – 35 (Li et al., 2013), в прибрежных водах островов Гельголанд и Зильт, Северное море – 27 (Hoppenrath et al., 2007), в зал. Сан Матиас, восточное побережье Южной Америки, Атлантический океан – 18 (Sar et al., 2002). Видовое богатство рода в Японском море, как и других планктонных диатомовых водорослей, обусловлено расположением акватории в нескольких климатических поясах – умеренном и субтропическом, а также поступлением вод различного происхождения: океанических из Тихого океана, холодных арктических из Охотского моря, теплых из Южно-Китайского моря (Shevchenko et al., 2006). В результате анализа фитогеографического распределения показано, что в Японском море более половины – 55.5% – от общего числа представителей *Thalassiosira* составляют тепловодные виды (тропическо-бореальные и тропические). Также значителен вклад холодноводных видов (аркто-бореальных и биполярных) – 30.5%. Широко распространенные виды (космополиты и тропическо-аркто-бореальные) наименее представлены – 14%. Основу рода составляют неритические виды – 72.2%, доля панталассных и океанических видов ниже – 25% и 2.8% соответственно.

Несмотря на множество исследований, некоторые аспекты таксономии диатомовых остаются неясными и требуют глубокого изучения. На ос-

новании морфологических отличий в строении створки — двугубый вырост расположен на расстоянии от края створки ближе к центру, краевые выросты с опорами редуцированы на лицевой поверхности и с длинной трубкой на внутренней поверхности створки — описан новый род *Shionodiscus*, в состав которого вошли некоторые виды рода *Thalassiosira* (Alverson et al., 2006). Согласно составленному нами списку, в Японском море 4 таксона входят в состав *Shionodiscus*. Половина из них — широко распространенные виды с космополитическим и тропическо-аркто-бореальным типом ареала, 1 вид тропический и 1 — биполярный. Очевидно, что для получения полной картины о разнообразии, экологии и распределении рода *Shionodiscus* в районе исследования необходимо проведение дальнейших работ.

Морфология изученных клеток *Thalassiosira aestivalis*, *T. hyalina*, *T. pseudonana* и *T. tenera* соответствует оригинальным описаниям. В северо-западной части Японского моря отмечали единичные клетки. В целом, идентификация видов рода на уровне световой микроскопии затруднена. Основные диагностические признаки — число краевых выростов или количество ареол в 10 мкм, детально видны с помощью электронной микроскопии. Зачастую сведения о встречаемости мелких видов *Thalassiosira* в Мировом океане зависят от степени изученности акватории, а не от их присутствия в планктоне. Для подтверждения достоверной идентификации микроводорослей, в частности видов рода *Thalassiosira*, необходимо рекомендовать при проведении мониторинговых исследований применение методов электронной микроскопии. Особенно это актуально в работах по ревизии флоры, когда находки новых и редких видов должны быть подтверждены. Такой комплексный подход даст возможность сформировать современное представление о биогеографическом распределении диатомовых водорослей в сторону отказа от космополитической концепции к узкой морфологической концепции вида. Исследования критических таксонов станут наиболее актуальными для уточнения видовой разнообразия флоры акватории (Kulikovskiy, Kuznetsova, 2014).

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 19-04-00752. Исследования проведены на площадке ЦКП “Приморский океанариум”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Aké-Castillo J.A., Hernández-Becerril D.U., Meave del Castillo M.E. 1999: Species of the genus *Thalassiosira*

(Bacillariophyceae) from the Gulf of Tehuantepec. — Bot. Mar. 42: 487–503.

- Alverson A.J., Kang S.H., Theriot E.C. 2006. Cell wall morphology and systematic importance of *Thalassiosira ritscheri* (Hustedt) Hasle, with a description of *Shionodiscus* gen. nov. — Diatom Res. 21: 251–262. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2006.9705667>
- Avaria S.P. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. — Rev. Biol. Mar. Valparaíso. 12: 61–119.
- [Beklemishev] Беклемишев К.В., Парин Н.В., Семин И.В. 1977. Пелагиаль. — В кн.: Океанология. Биология океана. Биологическая структура океана. Т. 1. М. С. 219–262.
- Cheng Z.D., Gao Y.H., Liu S.C. 1993. Nano-phytoplanktonic diatoms in Fujian coast. Ocean Press, Beijing. 91 p.
- Cleve P.T. 1873. On diatoms from the Arctic Sea. — Bih. Svensk. Vetensk. Akad. Handl. 1 (13): 1–28.
- Ferrario M.E., Almandoz G.O., Cefarelli A.O., Beszteri B., Akselman R., Fabro E., Cembella A. 2018. *Shionodiscus gaarderae* sp. nov. (Thalassiosirales, Thalassiosiraceae), a bloom-producing diatom from the southwestern Atlantic Ocean, and emendation of *Shionodiscus bioculatus* var. *bioculatus*. — Diatom Res. 33: 25–37. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2017.1423112>
- Fryxell G.A. 1975. Three new species of *Thalassiosira*, with observations on the occluded process, a newly observed structure of diatom valves. — Nov. Hedwig. Beih. 53: 57–75.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 1972. *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenb.) Cleve, *T. symmetrica* sp. nov., and some related centric diatoms. — J. Phycol. 8: 297–317.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 1977. The genus *Thalassiosira*: some species with a modified ring of central strutted processes. — Nov. Hedwig. Beih. 54: 67–98.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 1979. The genus *Thalassiosira*: species with internal extensions of the strutted processes. — J. Phycol. 18 (4): 378–393.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 2004. Taxonomy of harmful diatoms. — In: Manual on Harmful Marine Microalgae. UNESCO. P. 465–510.
- [Gogorev] Гогорев Р.М., Чудаев Д.А., Степанова В.А., Куликовский М.С. 2018. Русский и английский терминологический словарь по морфологии диатомовых водорослей. — Новости сист. низш. раст. 52 (2): 265–309. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.265>
- Gran H.H. 1897. Bacillariaceae von Kleinen Karajaakfjord. — Stuttgart. Bibl. Bot. 42: 13–24.
- Gran H.H., Angst E.C. 1931. Plankton diatoms of Puget sound. — Pub. Puget Sound Biol. Sta. 7: 417–519.
- Hallegraeff G.M. 1984. Species of the diatom genus *Thalassiosira* in Australian waters. — Bot. Mar. 27: 495–513.
- Harris A.S.D., Medlin L.K., Lewis J., Jones K.J. 1995. *Thalassiosira* species (Bacillariophyceae) from a Scottish sea-loch. — Eur. J. Phycol. 30: <https://doi.org/10.1080/09670269500650881>
- Hasle G.R. 1972. *Thalassiosira subtilis* (Bacillariophyceae) and two allied species. — Norw. J. Bot. 19: 111–137.
- Hasle G.R. 1973a. Thalassiosiraceae, a new diatom family. — Norw. J. Bot. 20: 67–69.



- Hasle G.R. 1973b. Some marine plankton genera of the diatom family Thalassiosiraceae. — Nov. Hedwig. Beih. 45: 1–49.
- Hasle G.R. 1976. The biogeography of some marine planktonic diatoms. — Deep-Sea Res. 23: 319–338.
- Hasle G.R. 1978. Some *Thalassiosira* species with one central process (Bacillariophyceae). — Norw. J. Bot. 25: 77–110.
- Hasle G.R., Fryxell G.A. 1977. The genus *Thalassiosira*: Some species with a linear areola array. — Nov. Hedwig. Beih. 54: 15–66.
- Hasle G.R., Heimdal B.R. 1970. Some species of the centric diatom genus *Thalassiosira* studied in the light and electron microscopes. — Nov. Hedwig. Beih. 31: 559–581.
- Hasle G.R., Syvertsen E.E. 1997. Marine diatoms. — In: Identifying marine phytoplankton. San Diego. P. 5–385.
- Hendey N.I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). — Ministry of Agriculture, fisheries and Food Fisheries Investig. 4: 1–317.
- Hernández-Becerril D.U., Tapia Peña M.I. 1995. Planktonic diatoms from the Gulf of California and coasts off Baja California: species of the genus *Thalassiosira*. — Bot. Mar. 38: 543–555.  
<https://doi.org/10.1515/botm.1995.38.1-6.543>
- Herzig W., Fryxell G. 1986. The diatom genus *Thalassiosira* Cleve in Gulf Stream warm core rings: taxonomy with *T. intrannula* and *T. lineoides*, spp. nov. — Bot. Mar. 29: 11–25.
- Hoppenrath M., Beszteri B., Drebes G., Halliger H., Van Beusekom J.E.E., Janisch S., Wiltshire K.H. 2007. *Thalassiosira* species (Bacillariophyceae, Thalassiosirales) in the North Sea at Helgoland (German Bight) and Sylt (North Frisian Wadden Sea) — a first approach to assessing diversity. — Eur. J. Phycol. 42 (3): 271–288.  
<https://doi.org/10.1080/09670260701352288>
- Ianora A., Miralto A., Poulet S.A., Carotenuto Y., Buttino I., Romano G., Casotti R., Pohnert G., Wichard T., Colucci-D'Amato L., Terrazzano G., Smetacek V. 2004. Aldehyde suppression of copepod recruitment in blooms of a ubiquitous planktonic diatom. — Nature. 429: 403–407.
- [Kiselev] Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. Л. 658 с.
- [Konovalova] Коновалова Г.В. 1979. Видовой состав и численность фитопланктона залива Посьета (Японское море). — В сб.: Исследование пелагических и донных организмов дальневосточных морей. Владивосток. ДВНЦ АН СССР. С. 6–16.
- [Konovalova] Коновалова Г.В. 1984. Видовой состав фитопланктона залива Восток. — В сб.: Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморского края. Владивосток. С. 93–98.
- [Konovalova] Коновалова Г.В. 1987. Морфология и экология доминирующей планктонной диатомеи Японского моря *Thalassiosira nordenskiöldii* Cl. — Труды ЗИН АН СССР. 172: 39–45.
- [Konovalova] Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю., Паутова Л.А. 1989. Атлас фитопланктона Японского моря. Л. 160 с.
- [Konovalova] Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю. 1991. Список видов фитопланктона бухты Мелководная (Японское море). — В сб.: Экосистемные исследования прибрежных сообществ залива Петра Великого. Владивосток. С. 146–152.
- [Kulikovskiy] Куликовский М.С., Кузнецова И.В. 2014. Биogeография пресноводных Bacillariophyta. Основные концепции и подходы. — Альгология. 24 (2): 125–146.  
<https://doi.org/10.15407/alg24.02.125>
- Lee J.H., Park J.S. 2008. A study on the fine structure of the marine diatoms of Korean coastal waters—genus *Thalassiosira* 3. — Algae 23: 187–199.  
<https://doi.org/10.4490/ALGAE.2008.23.3.187>
- Li Y., Zhao Q., Lü S. 2013. The genus *Thalassiosira* off the Guangdong coast, South China Sea. — Bot. Mar. 56 (1): 83–110.  
<https://doi.org/10.1515/bot-2011-0045>
- Mahood A.D., Fryxell G.A., McMillan M. 1986. The diatom genus *Thalassiosira*: species from the San Francisco Bay system. — Proc. Calif. Acad. Sci. 44: 127–156.
- [Makarova] Макарова И.В. 1988. Диатомовые водоросли морей СССР: род *Thalassiosira* Cl. Л. 117 с.
- Muylaert K., Sabbe K. 1996. The diatom genus *Thalassiosira* (Bacillariophyta) in the estuaries of the Schelde (Belgium/The Netherlands) and the Elbe (Germany). — Bot. Mar. 39: 103–115.  
<https://doi.org/10.1515/botm.1996.39.1-6.103>
- [Orlova] Орлова Т.Ю. 1990. Диатомовые водоросли планктона неритических вод Южного Приморья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 26 с.
- Orlova T.Yu., Stonik I.V., Shevchenko O. G. 2009. Flora of planktonic microalgae of Amursky Bay, Sea of Japan. — Russian Journal of Marine Biology. 35 (1): 60–78.  
<https://doi.org/10.1134/S106307400901009X>
- Park J.S. 2019. The taxonomic status of *Thalassiosira concavuscula* I.V. Makarova and *Thalassiosira ordinaria* I.V. Makarova (Thalassiosiraceae, Bacillariophyta). — Notulae algarum 90.
- Park J.S., Jung S.W., Lee J.H. 2009. A study on the fine structure of the marine diatoms of Korean coastal waters — genus *Thalassiosira* 4. — Algae. 24: 67–77.  
<https://doi.org/10.4490/algae.2009.24.2.067>
- Park J.S., Jung S.W., Lee S.D., Yun S.M., Lee J.H. 2016. Species diversity of the genus *Thalassiosira* (Thalassiosirales, Bacillariophyta) in South Korea and its biogeographical distribution in the world. — J. Phycol. 55 (4): 403–423.
- [Ponomareva] Пономарева Л.А. 1954. Зимний зоопланктон северной части Японского моря зимой. — Тр. ИО АН СССР. 9: 159–172.
- [Proshkina-Lavrenko] Прошкина-Лавренко А.И. 1961. Новые диатомовые водоросли из Черного и Азовского морей. — Бот. матер. Отд. споров растений БИН АН СССР. 14: 33–39.
- Quillfeldt von C.H. 2001. Identification of some easily confused common diatom species in Arctic spring blooms. — Bot. Mar. 44: 375–389.  
<https://doi.org/10.1515/BOT.2001.048>

- Rivera P.R. 1981. Beiträge zur Taxonomie und Verbreitung der Gattung *Thalassiosira* Cleve (Bacillariophyceae) in den Küstengewässern Chiles. — *Bibl. Phycol.* 56: 1–220.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. The diatoms. — *Biology and morphology of the genera.* Cambridge. 747 p.
- Sar E.A., Sunesen J., Lavigne A.S. 2002. The diatom genus *Thalassiosira*: species from the northern San Matias Gulf (Rio Negro, Argentina). — *Nov. Hedwig. Beih.* 74: 373–386.  
<https://doi.org/10.1127/0029-5035/2002/0074-0373>
- [Semina] Семина Г.И. 1981. Качественный состав фитопланктона западной части Берингова моря и прилегающей части Тихого океана. Часть II. Диатомовые водоросли. — *Экология морского фитопланктона.* 6–32.
- [Shevchenko] Шевченко О.Г., Орлова Т.Ю., Стоник И.В. 2003. Новые для Дальневосточных морей России виды рода *Thalassiosira* (Bacillariophyta). — *Бот. журн.* 88 (5): 152–156.
- Shevchenko O.G., Orlova T.Yu., Hernández-Becerril D.U. 2006. The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan. — *Bot. Mar.* 49: 236–258.  
<https://doi.org/10.1515/BOT.2006.028>
- Smayda T.J. 1966. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. — *III Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Commn.* 11: 355–612.
- Somers D. 1972. Scanning electron microscope studies on some species of the centric diatom genera *Thalassiosira* and *Coscinodiscus*. — *Biol. Jb. Dodonaea.* 40: 304–315.
- Stonik I.V., Orlova T.Yu., Shevchenko O.G. 2009. Summer phytoplankton in the area of the Razdolnaya river mouth and adjacent waters of Amursky Bay (Sea of Japan). — In: *Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan).* Vladivostok. 2: 247–262.
- Strickland J.D.H., Eppley R.W., de Mendiola B.R. 1969. Phytoplankton populations, nutrients and photosynthesis in Peruvian coastal waters. — *Bol. Ins. Mar. Perú-Callao.* 2: 4–45.
- Takano H. 1980. New and rare diatoms from Japanese marine waters V. *Thalassiosira tealata* sp. nov. — *Bull. Tokai Reg. fish. Res. Lab.* 103: 55–63.
- Takano H. 1981. New and rare diatoms from Japanese marine waters VII. Ten species from Neritic water. — *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 105: 45–57.
- Takano H. 1990. Diatoms. — In: *Red tide organisms in Japan — an illustrated taxonomic guide.* Japan. 407 p.
- Wilks J.V., Armand L.K. 2017. Diversity and taxonomic identification of *Shionodiscus* spp. in the Australian sector of the Subantarctic Zone. — *Diatom Res.* 32: 295–307.  
<https://doi.org/10.1080/0269249X.2017.1365015>
- [Zernova] Зернова В.В. 1980. Некоторые закономерности распределения фитопланктона в Японском море и прилегающих районах Тихого океана. — В кн.: *Исследования планктона Японского моря.* М. С. 15–29.

## GENERA *THALASSIOSIRA* AND *SHIONODISCUS* (BACILLARIOPHYTA) FROM THE SEA OF JAPAN

O. G. Shevchenko<sup>a,b,#</sup> and M. A. Shulgina<sup>a,##</sup>

<sup>a</sup> A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology  
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences  
Palchevskogo Str., 17, Vladivostok, 690041, Russia

<sup>b</sup> Far Eastern State Technical Fisheries University  
Lugovaya Str., 52B, Vladivostok, 690087, Russia

<sup>#</sup> e-mail: 713553@mail.ru

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

Based on original research and literature review, an annotated list of planktonic diatom species of the genera *Thalassiosira* and *Shionodiscus* from the Sea of Japan has been compiled for the first time. The list includes data on ecology and distribution of 36 *Thalassiosira* taxa and 4 *Shionodiscus* taxa. This kind of information is provided for the first time for the genus *Shionodiscus* from the Sea of Japan. The morphology of four species rare in the northwestern Sea of Japan — *Thalassiosira aestivalis*, *T. hyalina*, *T. pseudonana* and *T. tenera* — is described using electron microscopy.

**Keywords:** diatoms, *Thalassiosira*, *Shionodiscus*, annotated list, rare species, Sea of Japan

### ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 19-04-00752. The investigations were carried out at the Primorsky Aquarium Shared Equipment Facility.

### REFERENCES

- Aké-Castillo J.A., Hernández-Becerril D.U., Meave del Castillo M.E. 1999. Species of the genus *Thalassiosira* (Bacillariophyceae) from the Gulf of Tehuantepec. — *Bot. Mar.* 42: 487–503.



- Alverson A.J., Kang S.H., Theriot E.C. 2006. Cell wall morphology and systematic importance of *Thalassiosira ritscheri* (Hustedt) Hasle, with a description of *Shionodiscus* gen. nov. — *Diatom Res.* 21: 251–262. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2006.9705667>
- Avaria S.P. 1965. Diatomeas y silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. — *Rev. Biol. Mar. Valparaíso.* 12: 61–119.
- Beklemishev K.V., Parin N.V., Semina I.V. 1977. Pelagial' [Pelagial]. — In: *Okeanologia. Biologia okeana. Biologicheskaya struktura okeana. T. 1.* Moscow. P. 219–262 (In Russ.).
- Cheng Z.D., Gao Y.H., Liu S.C. 1993. Nano-phytoplanktonic diatoms in Fujian coast. Beijing. 91 p.
- Cleve P.T. 1873. On diatoms from the Arctic Sea. — *Bih. Svensk. Vetensk. Akad. Handl.* 1 (13): 1–28.
- Ferrario M.E., Almandoz G.O., Cefarelli A.O., Beszteri B., Akselman R., Fabro E., Cembella A. 2018. *Shionodiscus gaarderae* sp. nov. (Thalassiosirales, Thalassiosiraceae), a bloom-producing diatom from the southwestern Atlantic Ocean, and emendation of *Shionodiscus bioculatus* var. *bioculatus*. — *Diatom Res.* 33: 25–37. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2017.1423112>
- Fryxell G.A. 1975. Three new species of *Thalassiosira*, with observations on the occluded process, a newly observed structure of diatom valves. — *Nova Hedwigia Beih.* 53: 57–75.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 1972. *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenb.) Cleve, *T. symmetrica* sp. nov., and some related centric diatoms. — *J. Phycol.* 8: 297–317.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 1977. The genus *Thalassiosira*: some species with a modified ring of central strutted processes. — *Nova Hedwigia Beih.* 54: 67–98.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 1979. The genus *Thalassiosira*: species with internal extensions of the strutted processes. — *J. Phycol.* 18 (4): 378–393.
- Fryxell G.A., Hasle G.R. 2004. Taxonomy of harmful diatoms. — In: *Manual on Harmful Marine Microalgae.* UNESCO. P. 465–510.
- Gogorev R.M., Chudaev D.A., Stepanova V.A., Kulikovskiy M.S. 2018. Russian and English terminological glossary on morphology of diatoms. — *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 52 (2): 265–309 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.265>
- Gran H.H. 1897. Bacillariaceae von Kleinen Karajaakfjord. — *Stuttgart. Bibl. Bot.* 42: 13–24.
- Gran H.H., Angst E.C. 1931. Plankton diatoms of Puget sound. — *Pub. Puget Sound Biol. Sta.* 7: 417–519.
- Hallegraef G.M. 1984. Species of the diatom genus *Thalassiosira* in Australian waters. — *Bot. Mar.* 27: 495–513.
- Harris A.S.D., Medlin L.K., Lewis J., Jones K.J. 1995. *Thalassiosira* species (Bacillariophyceae) from a Scottish sea-loch. — *Eur. J. Phycol.* 30: 117–131. <https://doi.org/10.1080/09670269500650881>
- Hasle G.R. 1972. *Thalassiosira subtilis* (Bacillariophyceae) and two allied species. — *Norweg. J. Bot.* 19: 111–137.
- Hasle G.R. 1973a. Thalassiosiraceae, a new diatom family. — *Norweg. J. Bot.* 20: 67–69.
- Hasle G.R. 1973b. Some marine plankton genera of the diatom family Thalassiosiraceae. — *Nova Hedwigia Beih.* 45: 1–49.
- Hasle G.R. 1976. The biogeography of some marine planktonic diatoms. — *Deep-Sea Res.* 23: 319–338.
- Hasle G.R. 1978. Some *Thalassiosira* species with one central process (Bacillariophyceae). — *Norweg. J. Bot.* 25: 77–110.
- Hasle G.R., Fryxell G.A. 1977. The genus *Thalassiosira*: Some species with a linear areola array. — *Nov. Hedwig. Beih.* 54: 15–66.
- Hasle G.R., Heimdal B.R. 1970. Some species of the centric diatom genus *Thalassiosira* studied in the light and electron microscopes. — *Nov. Hedwig. Beih.* 31: 559–581.
- Hasle G.R., Syvertsen E.E. 1997. Marine diatoms. — In: *Identifying marine phytoplankton.* San Diego. P. 5–385.
- Hendey N.I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). — *Ministry of Agriculture, fisheries and Food Fisheries Investig.* 4: 1–317.
- Hernández-Becerril D.U., Tapia Peña M.I. 1995. Planktonic diatoms from the Gulf of California and coasts off Baja California: species of the genus *Thalassiosira*. — *Bot. Mar.* 38: 543–555. <https://doi.org/10.1515/botm.1995.38.1-6.543>
- Herzig W., Fryxell G. 1986. The diatom genus *Thalassiosira* Cleve in Gulf Stream warm core rings: taxonomy with *T. intrannula* and *T. lineoides*, spp. nov. — *Bot. Mar.* 29: 11–25.
- Hoppenrath M., Beszteri B., Drebes G., Halliger H., Van Beusekom J.E.E., Janisch S., Wiltshire K.H. 2007. *Thalassiosira* species (Bacillariophyceae, Thalassiosirales) in the North Sea at Helgoland (German Bight) and Sylt (North Frisian Wadden Sea) — a first approach to assessing diversity. — *Eur. J. Phycol.* 42 (3): 271–288. <https://doi.org/10.1080/09670260701352288>
- Ianora A., Miralto A., Poulet S.A., Carotenuto Y., Buttino I., Romano G., Casotti R., Pohnert G., Wichard T., Colucci-D'Amato L., Terrazzano G., Smetacek V. 2004. Aldehyde suppression of copepod recruitment in blooms of a ubiquitous planktonic diatom. — *Nature.* 429: 403–407.
- Kiselev I.A. 1969. Plankton morey i kontinental'nykh vodoyemov [Plankton of seas and continental reservoirs]. T. 1. Leningrad. 658 p. (In Russ.).
- Konovalova G.V. 1979. Vidovoy sostav i chislennost' fitoplanktona zaliva Pos'eta (Yaponskoe more) [Species composition and abundance of phytoplankton in Posyet Bay (Sea of Japan)]. — In: *Issledovaniya pelagicheskikh i donnykh organizmov dal'nevostochnykh morey.* Vladivostok. DVNC AN SSSR. P. 6–16 (In Russ.).
- Konovalova G.V. 1984. Vidovoy sostav fitoplanktona zaliva Vostok [Species composition of the Vostok Bay phytoplankton]. — In: *Gidrobiologicheskkiye issledovaniya*

- zalivov i bukht Primorskogo kraya. Vladivostok. P. 93–98 (In Russ.).
- Konovalova G.V. 1987. Morphology and ecology of the plankton diatome algae *Thalassiosira nordenskiöldii* Cl. dominant in the Japan sea. – Trudy ZIN AN SSSR. 172: 39–45 (In Russ.).
- Konovalova G.V., Orlova T.Yu., Pautova L.A. 1989. Atlas fitoplanktona Yaponskogo morya [Atlas of phytoplankton in the Sea of Japan]. Leningrad. 160 p. (In Russ.).
- Konovalova G.V., Orlova T.Yu. 1991. Spiosok vidov fitoplanktona bukhty Melkovodnaya (Yaponskoe more) [List of phytoplankton species in Melkovodnaya Bay (Sea of Japan)]. – In: Ekosistemnye issledovaniya pribrezhnykh soobshchestv zaliva Petra Velikogo. Vladivostok. P. 146–152 (In Russ.).
- Kulikovskiy M.S., Kuznetsova I.V. 2014. Biogeography of Bacillariophyta. Main concepts and approaches. *Algologia* 24 (2): 125–146 (In Russ.). <https://doi.org/10.15407/alg24.02.125>.
- Lee J.H., Park J.S. 2008. A study on the fine structure of the marine diatoms of Korean coastal waters – genus *Thalassiosira* 3. – *Algae* 23 (3): 187–199. <https://doi.org/10.4490/ALGAE.2008.23.3.187>
- Li Y., Zhao Q., Lü S. 2013. The genus *Thalassiosira* off the Guangdong coast, South China Sea. – *Bot. Mar.* 56 (1): 83–110. <https://doi.org/10.1515/bot-2011-0045>
- Mahood A.D., Fryxell G.A., McMillan M. 1986. The diatom genus *Thalassiosira*: species from the San Francisco Bay system. – *Proc. Calif. Acad. Sci.* 44: 127–156.
- Makarova I.V. 1988. Diatomovye vodorosli morey SSSR: rod *Thalassiosira* Cl. [Diatoms of the seas of the USSR: genus *Thalassiosira* Cl.]. Leningrad. 117 p. (In Russ.).
- Muylaert K., Sabbe K. 1996. The diatom genus *Thalassiosira* (Bacillariophyta) in the estuaries of the Schelde (Belgium/The Netherlands) and the Elbe (Germany). – *Bot. Mar.* 39: 103–115. <https://doi.org/10.1515/botm.1996.39.1-6.103>
- Orlova T.Yu. 1990. Diatomovye vodorosli planktona neriticheskikh vod Yuzhnogo Primorya [Diatoms of plankton in the neritic waters of southern Primorye]: Diss. ... Kand. Sci. Vladivostok. 26 p. (In Russ.).
- Orlova T.Yu., Stonik I.V., Shevchenko O.G. 2009. Flora of planktonic microalgae of Amursky Bay, Sea of Japan. – *Rus. J. Mar. Bio.* 35 (1): 60–78. <https://doi.org/10.1134/S106307400901009X>
- Park J.S., Jung S.W., Lee J.H. 2009. A study on the fine structure of the marine diatoms of Korean coastal waters – genus *Thalassiosira* 4. – *Algae*. 24: 67–77. <https://doi.org/10.4490/algae.2009.24.2.067>
- Park J.S., Jung S.W., Lee S.D., Yun S.M., Lee J.H. 2016. Species diversity of the genus *Thalassiosira* (Thalassiosirales, Bacillariophyta) in South Korea and its biogeographical distribution in the world. – *J. Phycol.* 55 (4): 403–423. <https://doi.org/10.2216/15-66.1>
- Park J.S. 2019. The taxonomic status of *Thalassiosira concaviuscula* I.V. Makarova and *Thalassiosira ordinaria* I.V. Makarova (Thalassiosiraceae, Bacillariophyta). – *Notulae algarum* 90.
- Ponomareva L.A. 1954. Zimniy zooplankton severnoy chasti Yaponskogo morya zimoy [Winter zooplankton of the northern part of the Sea of Japan in winter]. – Trudy IO AN SSSR. 9: 159–172 (In Russ.).
- Proshkina-Lavrenko A.I. 1961. Novye diatomovye vodorosli iz Chernogo i Azovskogo morey [New diatoms from the Black and Azov seas]. – *Bot. mater. Otd. sporov. Rast. Bot. Inst. Komarova Akad. Nauk S.S.S.R.* 14: 33–39 (In Russ.).
- Quillfeldt von C.H. 2001. Identification of some easily confused common diatom species in Arctic spring blooms. – *Bot. Mar.* 44: 375–389. <https://doi.org/10.1515/BOT.2001.048>
- Rivera P.R. 1981. Beiträge zur Taxonomie und Verbreitung der Gattung *Thalassiosira* Cleve (Bacillariophyceae) in den Küstengewässern Chiles. – *Bibl. Phycol.* 56: 1–220.
- Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. The diatoms. – *Biology and morphology of the genera.* Cambridge. 747 p.
- Sar E.A., Sunesen J., Lavigne A.S. 2002. The diatom genus *Thalassiosira*: species from the northern San Matias Gulf (Rio Negro, Argentina). – *Nova Hedwigia Beih.* 74: 373–386. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2002/0074-0373>
- Semina G.I. 1981. Kachestvennyy sostav fitoplanktona zapadnoy chasti Beringova morya i prilozhashchei chasti Tikhogo okeana. Chast' II. Diatomovye vododrosli [Qualitative composition of phytoplankton in the western part of the Bering sea and the adjacent part of the Pacific Ocean. Part II. Diatoms]. – In: *Ekologiya morskogo fitoplanktona. Institut okeanologii AN SSSR.* Moscow. P. 6–32 (In Russ.).
- Shevchenko O.G., Orlova Y.Yu., Stonik I.V. 2003. Species of the genus *Thalassiosira* (Bacillariophyta) new for the Far Eastern seas of Russia. – *Botanicheskii zhurnal.* 88 (5): 152–156 (In Russ.).
- Shevchenko O.G., Orlova T.Yu. Hernández-Becerril D.U. 2006. The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan. – *Bot. Mar.* 49: 236–258. <https://doi.org/10.1515/BOT.2006.028>
- Smayda T.J. 1966. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. – *III Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Commn.* 11: 355–612.
- Somers D. 1972. Scanning electron microscope studies on some species of the centric diatom genera *Thalassiosira* and *Coscinodiscus*. – *Biol. Jb. Dodonaea.* 40: 304–315.
- Stonik I.V., Orlova T.Yu., Shevchenko O.G. 2009. Summer phytoplankton in the area of the Razdolnaya river mouth and adjacent waters of Amursky Bay (Sea of Japan). – In: *Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan).* Vladivostok. 2: 247–262.
- Strickland J.D.H., Eppley R.W., de Mendiola B.R. 1968. Phytoplankton populations, nutrients and phytosynthesis in Peruvian coastal waters. – *Bol. Ins. Mar. Perú-Callao.* 2: 4–45.

- Takano H. 1980. New and rare diatoms from Japanese marine waters V. *Thalassiosira tealata* sp. nov. — Bull. Tokai Reg. fish. Res. Lab. 103:55–63.
- Takano H. 1981. New and rare diatoms from Japanese marine waters VII. Ten species from Neritic water. — Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 105: 45–57.
- Takano H. 1990. Diatoms. — In: Red tide organisms in Japan — an illustrated taxonomic guide. Japan. 407 p.
- Wilks J.V., Armand L.K. 2017. Diversity and taxonomic identification of *Shionodiscus* spp. in the Australian sector of the Subantarctic Zone. — Diatom Res. 32: 295–307.  
<https://doi.org/10.1080/0269249X.2017.1365015>
- Zernova V.V. 1980. Nekotorye zakonomernosti raspredeleniya fitoplanktona v Yaponskom more i prilgayushchikh rayonakh Tikhogo okeana [Some patterns of phytoplankton distribution in the Sea of Japan and adjacent areas of the Pacific Ocean]. — In: Issledovaniya planktona Yaponskogo morya. Moscow. P. 15–29 (In Russ.).