

## О НОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЯХ РОДА *AULACOSEIRA* (BACILLARIOPHYTA) ДЛЯ ФЛОРЫ РОССИИ

© 2022 г. С. И. Генкал

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
Борок, п. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Россия  
e-mail: genkal@ibiw.ru

Поступила в редакцию 30.10.2020 г.

После доработки 26.03.2022 г.

Принята к публикации 29.03.2022 г.

Изучение морфологических особенностей панциря представителей рода *Aulacosiera* по изображениям из иконотеки собранного в России материала выявило более широкую изменчивость количественных (диаметр створки и высота ее загиба, отношение высоты загиба к диаметру створки, число штрихов и ареол в 10 мкм,) и качественных (расположение ареол на лицевой части створки и ее загибе) признаков. Проведенная ревизия позволила идентифицировать новые для флоры России виды, *A. scalaris* и *A. pusilla*, впервые оценить ряд морфологических признаков (размер кольцевидной диафрагмы, длину и форму шипов) и расширить диагнозы этих видов. Полученные данные позволили также уточнить систематическое положение известных для России *A. subarctica* и *A. subborealis*, их экологию и распространение в России, свести в синонимичку *A. stevensiae*.

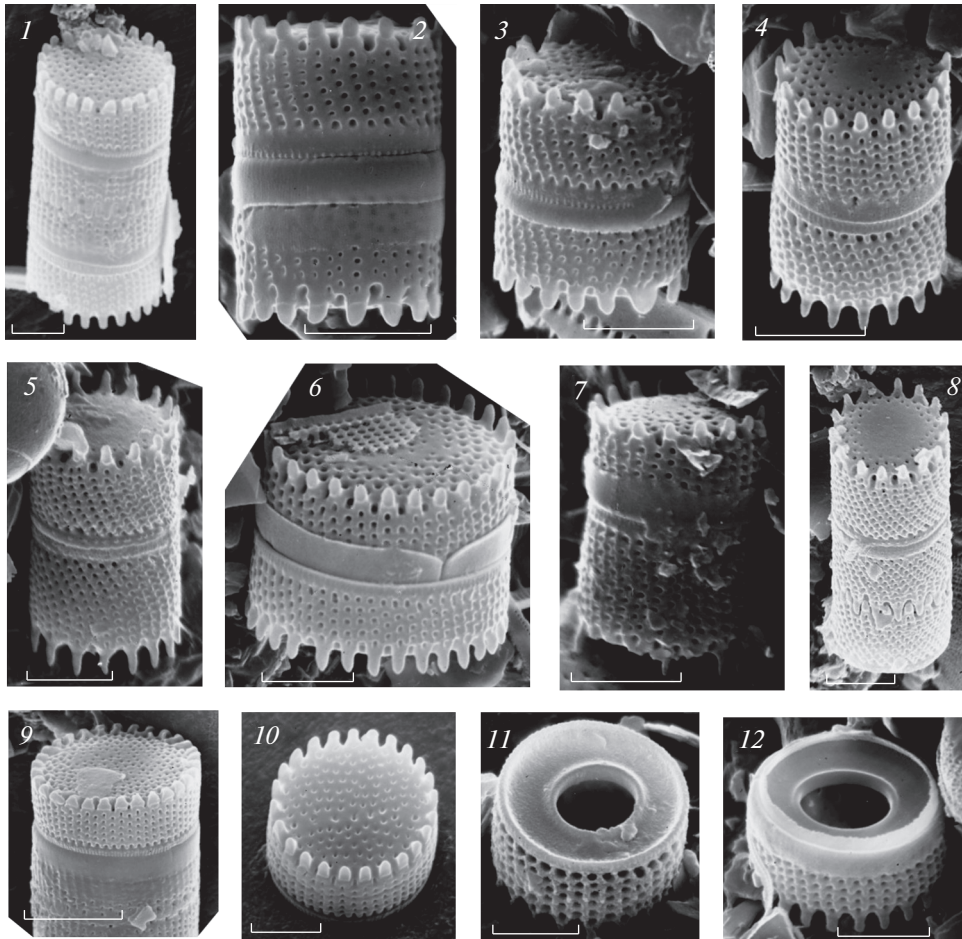
**Ключевые слова:** Bacillariophyta, *Aulacoseira subarctica*, *A. subborealis*, *A. scalaris*, *A. pusilla*, *A. stevensiae*, морфология, таксономия, распространение, экология, электронная микроскопия, новые для флоры России виды

DOI: 10.31857/S0006813622060059

В одной из первых отечественных систематических сводок по диатомовым водорослям приводится 25 современных видов, разновидностей и форм рода *Melosira* C. Agardh. (Opredelitel..., 1951). Позднее большинство представителей этого рода были переведены в род *Aulacoseira* Thwaites (Simonsen, 1979). Через 40 лет этот список был уточнен – 15 видов, разновидностей и форм *Aulacoseira* (Davydova, Moiseeva, 1992), но в этой обобщающей работе были неточности, например, на СЭМ-иллюстрациях *A. distans* var. *alpigena* (Grunow) Simonsen и *A. italica* (Kützing) Simonsen представлены *A. subarctica* (O. Müller) Haworth (Davydova, Moiseeva, 1992: табл. 60, рис. 2–4; 61, рис. 14, 16, 17). Для сравнения, для Европы приводится 28 таксонов этого рода (Krammer, Lange-Bertalot, 1991), но в цитируемой монографии также имеются ошибки в определении – на СЭМ-иллюстрациях *A. distans* приведены микрофотографии *A. scalaris* (Grunow) Houk, Klee et Passauer, *A. italica* и *A. sp.* (неизвестный вид). В последние годы были описаны новые для науки виды и приведены новые таксоны для флоры России, что позволило уточнить и расширить список представителей рода *Aulacoseira*: к настоящему времени известно в совокупности 23 вида (Genkal, Trifonova, 2009; Genkal et al., 2011, 2015; Kharitonov, Gen-

kal, 2012; Kulikovskiy et al., 2016; Chudaev, Gololobova, 2016; Genkal, Yarushina, 2018). Вместе с тем некоторые из них, а также таксоны, приведенные на иллюстрациях ряда публикаций (Gibson et al., 2003; Houk, Klee, 2007; Genkal, Kulikovskiy, 2009; Houk et al., 2017), требуют уточнения систематического положения, например, *A. subarctica* и *A. subborealis*.

Разновидность *Melosira italica* var. *subborealis* Nygaard была описана из осадков озера Gribs (Nygaard, 1956) и затем на основе сходства с *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) Haworth переведена в род *Aulacoseira* в качестве формы (Haworth, 1988). Позднее *A. subarctica* f. *subborealis* (Nygaard) Haworth получила видовой статус – *A. subborealis* (Nygaard) Denys, Muylaert et Krammer, поскольку были обнаружены отличительные признаки этой формы от *A. subarctica* в морфологии (меньшая длина шипов, ареолированная поверхность лицевой части створки, невысокий загиб створки, расположение двугубого выроста) и экологии (Denys et al., 2003). Немного позднее были опубликованы диагнозы других сходных по морфологии видов *A. pusilla* и *A. scalaris* (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2017). Надо отметить, что изображения именно этих видов приводятся в качестве иллюстраций диагноза *A. subborealis* (Denys et al., 2003). Су-



**Рис. 1.** *Aulacoseira scalaris*. 1–9 – панцирь; 10 – створка с наружной поверхности; 11, 12 – кольцевидная диафрагма. Масштаб: 1–8, 10–12 – 5 мкм; 9 – 10 мкм.

**Fig. 1.** *Alacoseira scalaris*. 1–9 – frustule; 10 – external view of the valve; 11, 12 – ringleist. Scale bars: 1–8, 10–12 – 5 μm; 9 – 10 μm.

существует другая точка зрения на систематическое положение *A. subarctica* f. *subborealis*: форма не имеет самостоятельного таксономического ранга и является морфотипом *A. subarctica* (Gibson et al., 2003; Genkal, Kulikovskiy, 2009; Popovskaya et al., 2011). В результате появилась неоднозначная трактовка видов этого комплекса. В современном понимании формы определенные как *A. subarctica* (Genkal, Yarushina, 2002; Gibson et al., 2003; Genkal, Golokolenova, 2008; Genkal, Belyaeva, 2011; Genkal, Trifonova, 2009, 2011; Genkal et al., 2011; Popovskaya et al., 2011; Genkal, Romanov, 2012; Genkal, Lepskaya, 2013; Genkal, Okhapkin, 2013; Genkal, Kulikovskiy, 2014; Shcherbak et al., 2018), *A. subborealis* (Genkal, Popovskaya, 2008) и *A. sp.* (Genkal, Popovskaya, 2003), относятся к *A. pusilla* (Houk et al., 2017). Формы, определенные как *A. subborealis* (Genkal, Komulaynen, 2008; Genkal, Denisov, 2016), *A. subarctica* (Gibson et al., 2003; Genkal, Trifonova, 2009; Genkal et al., 2015) и *A. te-*

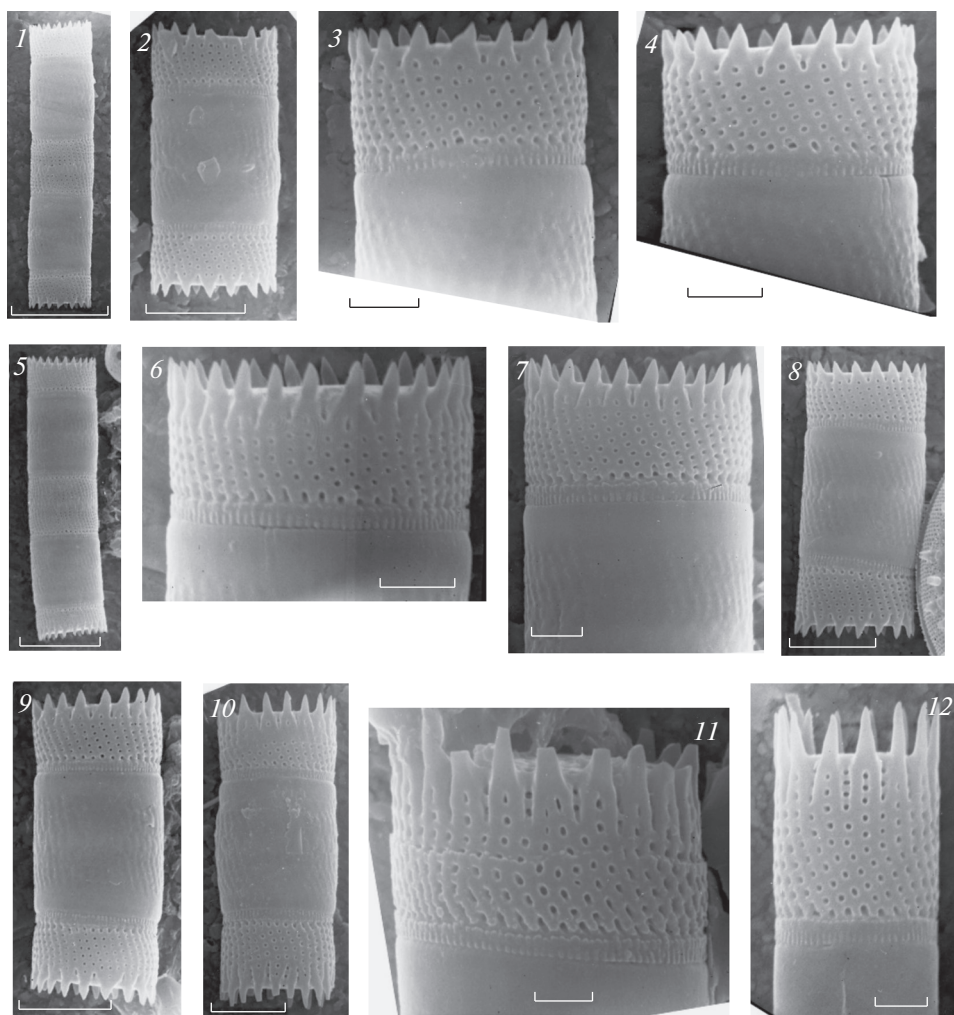
*nuior* (Genkal, Trifonova, 2001; 2006), относятся к *A. scalaris* (Houk et al., 2017).

Вместе с тем известно достаточно много форм, которые определены только до рода и требуют дальнейших исследований (Genkal, Popovskaya, 2003; Genkal, Trifonova, 2009; Genkal et al., 2011, 2015; Genkal, Yarushina, 2018).

Цель работы – анализ морфологических и экологических особенностей *A. subarctica* и сходных видов *A. subborealis*, *A. pusilla*, *A. scalaris*.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили негативы из иконотеки автора с изображением створок, определенных ранее как *A. subarctica* и *A. subborealis*. Изображения получены в процессе изучения многочисленных водоемов и водотоков европейской части России, Урала, Сибири и Дальнего Востока (Genkal, Trifonova, 2001, 2006; 2009, 2011; Genkal, Yarushina, 2002; Genkal, Golokolenova, 2008;



**Рис. 2.** *Aulacoseira pusilla* (1–10); *A. subarctica* (11, 12). 1, 3, 4 – колония и ее концевые створки; 2, 8–10 – колонии; 5–7 – колония и ее концевые створки; 11, 12 – створки с наружной поверхностью. Масштаб: 1, 5 – 10 мкм; 2, 8–10 – 5 мкм; 3, 4, 6, 7, 11, 12 – 10 мкм.

**Fig. 2.** *Aulacoseira pusilla* (1–10); *A. subarctica* (11, 12). 1, 3, 4 – colony and its end valves; 2, 8–10 – colonies; 5–7 – colony and its end valves; 11, 12 – external view of the valve. Scale bars: 1, 5 – 10  $\mu\text{m}$ ; 2, 8–10 – 5  $\mu\text{m}$ ; 3, 4, 6, 7, 11, 12 – 10  $\mu\text{m}$ .

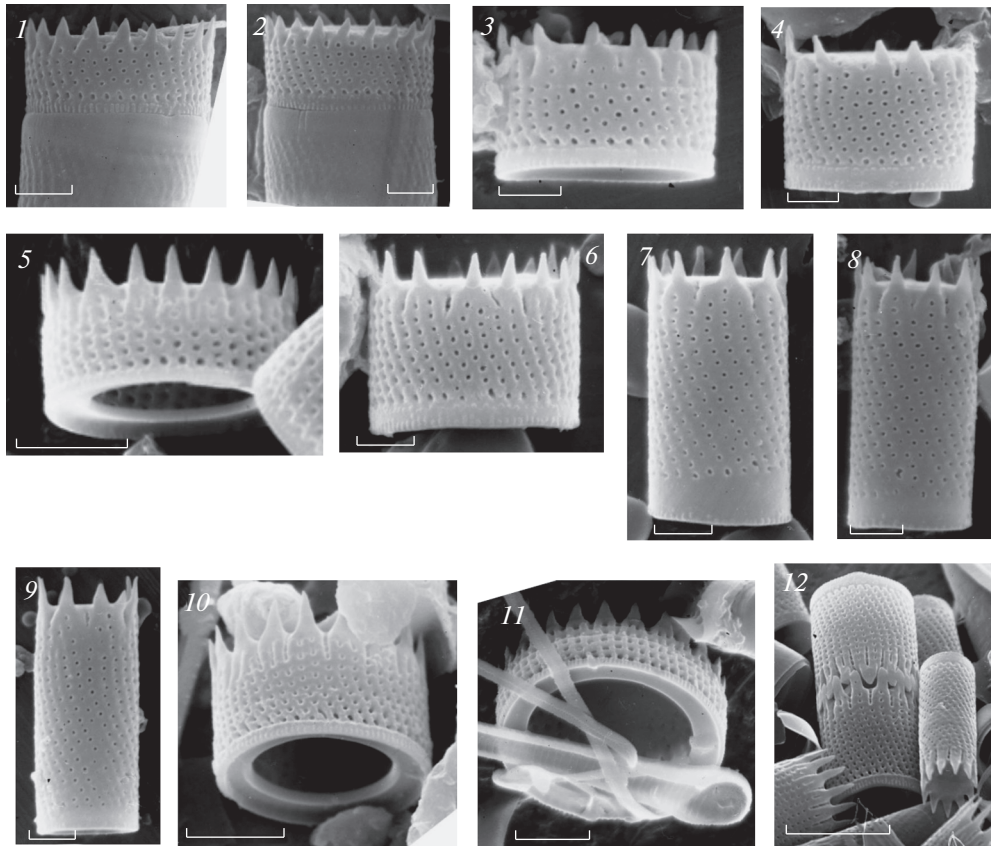
Genkal, Komulaynen, 2008; Genkal, Popovskaya, 2008; Genkal, Lepskaya, 2013; Genkal, Belyaeva, 2011; Genkal et al., 2011; Popovskaya et al., 2011; Genkal, Romanov, 2012; Kharitonov, Genkal, 2012; Genkal, Lepskaya, 2013; Genkal, Okhapkin, 2013, 2015; Genkal, Kulikovskiy, 2014; Genkal, Denisov, 2016; Genkal, Yarushina, 2018).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее при определении водорослей к *A. subborealis* согласно диагнозу (Denys et al., 2003: Figs 16, 18–24) относились формы с невысоким загибом створки, небольшими, заостренными или конусовидными с широким основанием или притупленными шипами и продольными спиральными или прямыми рядами ареол на загибе створки (Genkal, Kulikovskiy, 2009). Была показана

на значительная изменчивость и перекрытие основных количественных диагностических признаков между *A. subarctica* и *A. subborealis*, отмечено отсутствие hiatus между этими видами по этим признакам и экологии, что послужило основанием для сведения последнего вида в синонимику к *A. subarctica* (Genkal, Kulikovskiy, 2009). В недавно вышедшей монографии на СЭМ-иллюстрациях *A. subborealis* шипы очень короткие (Houk et al., 2017: Plate 141, Figs 13–18) по сравнению с таковыми, приведенными на микрофотографиях авторами этого вида (Denys et al., 2003: Figs 16, 18–22, 24). При проведении настоящего исследования мы ориентировались на публикацию V. Houk et al. (2017) и не смогли идентифицировать наши формы как *A. subborealis*; они были отнесены к *A. scalaris* и *A. pusilla* (табл. 1). Здесь следует отметить тот момент, что определенную





**Рис. 3.** *Aulacoseira pusilla* (1–6, 10, 11); *A. subarctica* (7–9), *Aulacoseira* species (12). 1, 2 – концевые створки одной колонии; 3–9, 12 – створки с наружной поверхности; 10, 11 – створки с наружной поверхности, кольцевидная диафрагма. Масштаб: 1–4, 6, 8, 9 – 10 мкм; 5, 7, 10, 11 – 5 мкм; 12 – 10 мкм.

**Fig. 3.** *Aulacoseira pusilla* (1–6, 10, 11); *A. subarctica* (7–9), *Aulacoseira* species (12). 1, 2 – end valves of one colony; 3–9, 12 – external view of the valve; 10, 11 – external view of the valve, ringleist. Scale bars: 1–4, 6, 8, 9 – 10  $\mu\text{m}$ ; 5, 7, 10, 11 – 5  $\mu\text{m}$ ; 12 – 10  $\mu\text{m}$ .

путаницу вносит публикация V. Houk et al. (2017). В частности, иллюстрации к *A. subborealis* в работе V. Houk et al. (2017: Plate 141, Figs 13, 15–17) приводятся в работе V. Houk et al. (2007: Tab. LXVII, Figs 10, 11, LXVIII, Figs 1, 3) к описанию *A. pusilla*, которые ему не соответствуют (Tuji, Houki, 2004: Figs 101–105).

*Aulacoseira scalaris* (рис. 1). Наши данные по диаметру створки и ее загибу в целом совпадают с литературными, за исключением большего значения диаметра створки и диапазона изменчивости высоты загиба створки (табл. 1). В опубликованных диагнозах отсутствуют данные по отношению высоты загиба створки к диаметру створки, а число рядов ареол и ареол в 10 мкм ряда приводятся в виде фиксированных значений без диапазонов изменчивости (табл. 1). Однако замеры, проведенные нами по иллюстрациям показали, что наши данные по этим трем признакам совпадают с литературными, а число рядов ареол и ареол в 10 мкм ряда проявляют вариабельность и полученные диапазоны близки к данным из ли-

тературы (табл. 1). Согласно диагнозу, на створках имеются короткие конические разделительные или короткие закругленные сверху соединительные шипы, ареолы на загибе створки расположены в прямых рядах, на лицевой части створки расположены беспорядочно, в центре створки иногда отсутствуют (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2007, 2017). Форма шипов в нашем материале совпадает с приведенной в диагнозе (рис. 1, 1–10), ареолы на загибе створки расположены в прямых рядах или спиральных с разной степенью кривизны (рис. 1), причем встречаются панцири, имеющие одновременно створки с прямыми и спиральными штрихами (рис. 1, 2, 6). В нашем материале ареолы на лицевой части створки располагались преимущественно повсеместно (рис. 1, 1, 3, 7, 9, 10), реже отсутствовали в центре (рис. 1, 4, 6, 8), иногда на всей поверхности (рис. 1, 5). У *A. scalaris* отношение диаметра кольцевидной диафрагмы к диаметру створки составляет 0.4 (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2007, 2017). По данным нашего исследования оно ва-

**Таблица 1.** Диапазоны изменчивости количественных морфологических признаков исследованных видов рода соответственно нашим и литературным данным**Table 1.** Ranges of variation of quantitative morphological traits in some species of the genus *Aulacoseira* according to original and published data

Диаметр створки, мкм Valve diameter, $\mu\text{m}$	Высота загиба створки, мкм Mantle height, $\mu\text{m}$	Отношение высоты загиба створки к ее диаметру Mantle height to valve diameter ratio	Число рядов ареол в 10 мкм Number of rows of areolae in 10 $\mu\text{m}$	Число ареол в 10 мкм штриха Number of areolae in 10 $\mu\text{m}$	Источник References
<i>A. subborealis</i>					
4–7	2.6–3.7	0.45–0.75	20–26	25–31	Nygaard, 1956
5.5–9.0	2.5–4.0	0.39–0.55	23.5–28	28–38	Denys et al., 2003
5.4–16.6	1.7–8.0	0.15–0.85	14–27	18–40	Genkal, Kulikovskiy, 2009
5.5–9.0	2.5–4.0	–	10 (24–27)*	–(30–35)*	Houk et al., 2017
<i>A. scalaris</i>					
5–16	3–6	–	18	22	Houk et al., 2007
5–16	3–6	–	18	22	Houk, Klee, 2007
5–16	3–6	(0.11–0.82)*	18 (14–20)*	22 (16–28)*	Houk et al., 2017
6.4–20.7	1.8–6.4	0.13–0.69	11–20	20–30	Наши данные Original
<i>A. pusilla</i>					
6–8	1.3–4.5	–	20	–	Meister. 1913
6–10	2–10	–	20–26	25–30	Tuji. Houki. 2004
5.5–9.0	2–4	0.39–0.55	20–28	–	Houk. Klee. 2007
4.5–7.5	2.2–4.5	–	24–26	–	Potapova. 2010
5.5–9.0	2–4	–	23–28	28–38	Kiss et al.. 2012
5–7.5	3–4	0.4–0.7	20–26	25–30	Tuji. 2015
5.5–9.0	2–4	0.39–0.55	20–28	(35–40)*	Houk et al.. 2017
5.5–9	2–4	–	20–28	–	Peeters. Ector. 2017
5.5–11.4	2.0–6.5	0.20–0.84	16–25	20–30	Наши данные/Original

Примечание. \* – согласно измерениям по микрофотографиям.

Note. \* – according to measurements by micrographs.

рырует в большем диапазоне – от 0.4 до 0.57 и имеется утолщенное кольцо по внутреннему периметру (рис. 1, 11, 12). По литературным данным внутри кольцевидной диафрагмы расположены каналы 3–4 двугубых выростов (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2007, 2017). Сходную иллюстрацию таких выростов приводят Grammer, Lange-Bertalot (1991, Taf. 3, Fig. 1) для *A. distans*, и, по нашему мнению, на этой СЭМ-микрофотографии изображен вид *A. scalaris*. Некоторые исследователи (Houk, Klee, 2007) считают, что *A. (?nov.) species* “pseudodistans” из олиготрофного озера в Финляндии (Lange-Bertalot, Metzeltin, 1996, Taf. 5, Figs 3, 4) имеет сходство с *A. pusilla* и необходимо дальнейшее уточнение таксономического положения этой формы. По нашему мнению, эта форма также относится к *A. scalaris*.

Литературные данные по экологии *A. scalaris* отсутствуют, а по распространению очень скуд-

ные – известны находки из отложений в США и в одном из водоемов Франции (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2007, 2017). Нами этот вид обнаружен в многочисленных, в большинстве случаев, олиготрофных водоемах разного типа (озера, реки, водохранилища).

Наше исследование позволило в значительной степени расширить и получить новую информацию по морфологическим признакам, экологии и распространению, что дает нам основания для расширения диагноза с учетом литературных данных.

*Aulacoseira scalaris* (Grunow) Houk, Klee et Passauer 2007, Diatom Research, 22 (1): 63 emend. Genkal (рис. 1).

Basionym: *Melosira (distans var.) scalaris* Grunow in Van Heurck 1882, Synopsis des Diatomées de Belgique, Atlas (1882), Taf. 86, Figs 30BB, 31. Texte (1885): 58 (no description). Anvers.

Клетки в коротких колониях, панцирь низкоцилиндрический. Створки круглые, плоские, диаметром 5–20.7 мкм, высотой 1.8–6.4 мкм, отношение высоты загиба к диаметру створки составляет 0.11–0.82. Ареолы на загибе створки в продольных прямых или спиральных рядах, 11–20 в 10 мкм, ареол в ряду 20–30 в 10 мкм. Кольцевидная диафрагма широкая с утолщенным кольцом по внутреннему периметру, 0.4–0.57 диаметра створки. Небольшие ареолы на лицевой части створки расположены по всей поверхности, реже отсутствуют в центральной части, иногда на всей поверхности. Соединительные шипы короткие закругленные сверху, разделительные – короткие конические. Имеется несколько двугубых выростов, их каналы расположены внутри кольцевидной диафрагмы. Имеются ауксоспоры.

Планктонный пресноводный вид, предпочитает олиготрофные водоемы.

Распространение: широко распространенный в России вид: Европейская часть (реки Клязьма, Вуокса, Ийоки, Кемь, Кузема, Летняя, Оланга, Селькя-ойки, Сопа, Тохма, Хийтолан, Урокса, Чирко-Кемь, озера – Ала-Толваярви, Воицкое, Выгозерское, Гижозеро, Имандра, Коверьярви, Ладожское, Нюк, Окунево, Пертозеро, Поппалиярви, Сарсаряри, Суури-Куохаярви, Топозеро, Юурилкаярви, Воронежское; Кондопожская и Невская губа), Дальний Восток (оз. Потат-Гыгын).

Новый для флоры России.

Ранее *A. scalaris* был ошибочно идентифицирован как *A. subborealis* (Genkal, Komulainen, 2008: табл. I, 3; Genkal et al., 2015: табл. XIII, 11, 13; Genkal, Denisov, 2016: табл. II, 3, 4) или *A. tenuior* (Genkal, Trifonova, 2009: табл. XXII, 8) или *A. subarctica* (Genkal, Trifonova, 2009: табл. XXI, 8, 9, XXII, 1).

*Aulacoseira pusilla* (рис. 2, 1–10; 3, 1–6, 10, 11). Вид встречается в коротких колониях (рис. 2, 1, 2, 5, 8–10), что совпадает с литературными данными (Houk et al., 2017). Наши данные по количественным признакам также, в основном, совпадают с литературными (табл. 1), за исключением минимальных значений числа штрихов и ареол в 10 мкм и большего диапазона варибельности отношения высоты загиба створки к диаметру створки (табл. 1). В диагнозе вида отсутствует информация о форме шипов, но отмечено, что приходится 2 ряда ареол на шип (Tuji, Houki, 2004). Другие исследователи указывают на короткие, конусовидные с широким основанием шипы (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2017) или грубые, заостренные и начинающиеся от 2–3 ребер (в основании 1–2 ряда ареол) (Potarova, 2010) или небольшие, заостренные (Kiss et al., 2012). В исследованном материале встречались оба варианта шипов и их длина варьировала от 0.4 до 1 мкм

(рис. 2, 3). Данные по длине шипов у *A. pusilla* отсутствуют, но согласно нашим измерениям по опубликованным СЭМ-иллюстрациям длина шипов варьирует от 0.46 до 1.36 мкм (Tuji, Houki, 2001, 2004; Potarova, 2010; Tuji, 2015; Houk et al., 2017). Данные по длине шипов у сходного вида *A. subarctica* отсутствуют, но в диагнозе вида приводятся крупные, длинные, конические шипы (Siver, Kling, 1997; Houk, 2003; Tuji, Houki, 2004; Houk et al., 2017). Нередко от основания шипа мы наблюдали 2 ряда ареол (рис. 2, 3, 6, 9; рис. 3, 1, 3, 4, 6, 7–9, 11, 12), и такая ситуация имеет место и у *A. scalaris* (рис. 1, 5) и у *A. subarctica* (рис. 2, 11; рис. 3, 7–9). Другие исследователи также приводят на своих иллюстрациях *A. pusilla* такие же шипы (Tuji, Houki, 2001; Tuji, 2015; Houk et al., 2017) как и у *A. subarctica* (Gibson et al., 2003; Genkal, Kulikovskiy, 2009; Genkal, Chekryzheva, 2011; Genkal, Kulikovskiy, 2014). Следует отметить, что на некоторых створках шипы имеют небольшой наклон, чаще в правую сторону (рис. 2, 3) и аналогичные шипы для *A. pusilla* и *A. subarctica* приводят и другие исследователи (Genkal, Belyaeva, 2011; Genkal, Romanov, 2012; Genkal, Okhapkin, 2013; Chudaev, Gololobova, 2016; Houk et al., 2017; Peeters, Ector, 2017). На основе таких шипов был описан новый вид *A. stevensiae* Weide (2015), который по количественным (короткие колонии, диаметр створки 3.5–7 мкм, высота загиба створки 2–3.85 мкм, отношение высоты створки к ее диаметру 0.40–0.55, число рядов ареол 22–30 в 10 мкм, число ареол в 10 мкм 20–25, размер кольцевидной диафрагмы) и качественным (расположение ареол на лицевой части створки и ее загибе, форма шипов) признакам соответствует такому *A. pusilla*, и, по нашему мнению, *A. stevensiae* конспецифичен с последним. Ареолы на лицевой части створки расположены по всей поверхности или широкой полосой по краю створки (Tuji, Houki, 2004; Kiss et al., 2015; Tuji, 2015; Houk et al., 2017); в нашем материале наблюдалось аналогичное расположение. Ареолы на загибе створки согласно диагнозу (Tuji, Houki, 2004) и литературным данным (Tuji, Houki, 2001; Potarova, 2010; Kiss et al., 2012; Tuji, 2015; Houk et al., 2017) располагаются в спиральных или почти прямых рядах. На исследованных створках наблюдали такое же расположение ареол (рис. 2, 1–10; рис. 3, 1–6, 10, 11). Литературные данные по кольцевидной диафрагме немногочисленны, а количественные данные по ее размеру отсутствуют – по одним источникам она более-менее заходит внутрь створки (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2017; Peeters, Ector, 2017), по другим – почти отсутствует (Kiss et al., 2012). По нашим наблюдениям она присутствует и варьирует от 0.25 до 0.45 диаметра створки и имеет утолщенное кольцо по внутреннему периметру (рис. 3, 5, 10, 11). Данные по числу и расположению двугубых выростов немногочис-

ленны – отмечается наличие нескольких выростов на кольцевидной диафрагме и приводится СЭМ-иллюстрация одного выроста, расположенного на кольцевидной диафрагме с ориентацией щели параллельно диафрагме (Tuji, Houki, 2004: Figs 103, 104), в другом источнике указывается наличие одного выроста расположенного аналогично (Kiss et al., 2012), а Houk et al. (2017: Pl. 140, Figs. 8–10) приводят СЭМ-микрофотографии 1-го и 2-го выростов с такой же ориентацией и под углом к диафрагме.

В ряде публикаций *A. subborealis* приводится в качестве синонима к *A. pusilla* (Tuji, Williams, 2006; Houk, Klee, 2007; Tuji, 2015), но в них указываются только страницы диагноза (Denys et al., 2003: 410) без ссылок на соответствующие иллюстрации. Это вносит путаницу в данный вопрос, поскольку, как было отмечено выше, в этой работе в качестве иллюстрации *A. subborealis* фигурируют СЭМ-микрофотографии *A. scalaris* и *A. pusilla*.

По литературным данным *A. pusilla* является космополитом и относится к пресноводным планктонным видам, встречается в реках и озерах (Tuji, Houki, 2001, 2004; Kiss et al., 2012; Houk et al., 2017).

Наше исследование выявило более широкую вариабельность количественных морфологических признаков и позволило получить новую информацию по некоторым особенностям створки, что дает основание для расширения диагноза с учетом литературных данных.

*Aulacoseira pusilla* (F. Meister) Tuji et Houki 2004, Bulletin of the National Science Museum, Ser. B (Bot.), 30(2): 38 emend. Genkal (табл. II, III).

Basionym: *Melosira pusilla* Meister 1913, Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, 8: 306.

Synonym: =*Aulacoseira stvensiae* Weide 2015, Diatom Research, 30(3–4): Figs. 3–16.

Клетки в коротких колониях, панцирь низкоклиндрический. Створки круглые, плоские, диаметром 4.5–11.4 мкм, высотой 1.3–6.5 мкм, отношение высоты загиба к диаметру створки составляет 0.20–0.84. Ареолы на загибе створки в продольных спиральных или почти прямых рядах, 16–28 в 10 мкм, ареол в ряду 20–40 в 10 мкм. Кольцевидная диафрагма варьирует по ширине от 0.25 до 0.45 диаметра створки. Небольшие ареолы на лицевой части створки расположены по всей поверхности или широкой полосой по краю створки. Шипы короткие, конусовидные с широким основанием или грубые, заостренные, иногда шипы имеют небольшой наклон, чаще в правую сторону, длиной 0.4–1.36 мкм. Двугу-

бые выросты расположены на кольцевидной диафрагме.

Планктонный пресноводный вид.

Распространение: широко распространенный в России вид: Европейская часть (Камское водохр., реки Линда, Мийнола, Морья, Тохма, Тулокса, озера Пертозеро, Шелехметское, Невская губа), Урал (Волчихинское водохр.), Западная Сибирь (оз. Линево), Восточная Сибирь (оз. Девочанда), Дальний Восток (Приморское водохр., безымянные тундровые озера на Чукотке, оз. Эльгыгыт-гын).

Новый для флоры России.

Раннее *A. pusilla* был ошибочно идентифицирован как *A. subarctica* (Genkal, Yarushina, 2002: рис. 1, а; Genkal, Popovskaya, 2003: рис. 1, а, б; Genkal, Golokolenova, 2008: рис. 2, 5; Genkal, Trifonova, 2009: табл. XXI, 6, 7, XXII, 3; Genkal, Belyaeva, 2011: табл. I, 3; Genkal et al., 2011: табл. XVII, 4; Popovskaya et al., 2011: табл. 50, 4, 5; Genkal, Romanov, 2012: рис. 2, 9; Genkal, Okhapkin, 2013: рис. 1, ж, з; Chudaev, Gololobova, 2016: табл. 20, 26) или *A. subborealis* (Genkal, Popovskaya, 2008: рис. 1, д, е; Genkal, Okhapkin, 2015: рис. 1, г).

*A. pusilla* имеет большое сходство с *A. subarctica* по количественным признакам, в том числе, согласно нашим данным, и по числу рядов ареол в 10 мкм и числу ареол в 10 мкм, а также расположению ареол на лицевой части створки и ее загибе (Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Gibson et al., 2003; Houk, 2003; Houk et al., 2017). Одним из дифференциальных признаков *A. pusilla* является отношение высоты к диаметру створки (табл. 1) и для *A. subarctica* по литературным источникам оно больше – 0.8–3.0 (Krammer, Lange-Bertalot, 1991). Однако, согласно измерений по иллюстрациям (Gibson et al., 2003: Figs 4, 6; Houk, 2003: Taf. XXII, Fig. 14) это отношение может быть меньше (0.27–0.54) и совпадать с таковым для *A. pusilla* (табл. 1). Эти два вида также имеют сходное расположение и форму двугубых выростов (Likhoshway, Crawford, 2001; Tuji, Houki, 2004; Genkal, Kulikovskiy, 2009; Lepskaya et al., 2010; Houk et al., 2017). Другим отличием *A. pusilla* от *A. subarctica* является длина шипов – у последнего они значительно длиннее (Houk et al., 2017). Однако, при использовании только этого признака возникают сложности с определением некоторых форм. Например, на иллюстрациях (рис. 2, 11 и рис. 3, 7–9) приведены формы с короткими шипами, но с отношением высоты створки к ее диаметру – 1.72–2.22, характерным для *A. subarctica*. Интересная форма приведена на другой иллюстрации (рис. 3, 12) с шипами, характерными для *A. pusilla* и *A. scalaris*. И здесь важно отметить еще один момент: *A. pusilla* и *A. subarctica* (рис. 2, 12), по нашим и литературным (Popovskaya et al., 2011; Chudaev, Gololobova, 2016) данным, нередко встречаются

вместе. Вышесказанное позволяет сделать предположение о том, что *A. pusilla* является морфотипом *A. subarctica*, и необходимы дальнейшие исследования для проверки этой гипотезы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У центрических диатомовых водорослей рода *Aulacosiera* (*A. subarctica*, *A. subborealis*, *A. scalaris*, *A. pusilla*) из водоемов и водотоков России наблюдали более широкую изменчивость количественных (диаметр створки и высота ее загиба, отношение высоты загиба к диаметру створки, число штрихов и ареол в 10 мкм) и качественных (расположение ареол на лицевой части створки и ее загибе) признаков по сравнению с литературными данными. Выявлены новые для флоры России виды *A. scalaris* и *A. pusilla* и получены новые данные по ряду их признаков (длина шипов, размер кольцевидной диафрагмы, форма шипов). Полученные данные позволили расширить диагнозы этих видов, уточнить систематическое положение известных для России *A. subarctica* и *A. subborealis*, их экологию и распространение в России, свести в синонимику *A. stevensiae*.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания №121051100099-5.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Chudaev, Gololobova] Чудаев Д.А., Гололобова М.А. 2016. Диатомовые водоросли озера Глубокого (Московская область). М. 447 с.
- [Davydova, Moiseeva] Давыдова Н.Н., Моисеева А.И. 1992. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II. Вып. 2. Роды: *Aulacosira* Thw. СПб. С. 76–84.
- Denys L., Muylaert K., Krammer K., Joosten T., Reid M., Rioual P. 2003. *Aulacoseira subborealis* stat. nov. (Bacillariophyceae): a common but neglected plankton diatom. — *Nova Hedwigia*. 77 (3–4): 407–427.
- [Genkal, Belyaeva] Генкал С.И., Беляева П.Г. 2011. Диатомовые водоросли (Centrophyceae) Камского водохранилища (Россия). — *Альгология*. 21 (3): 312–320.  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol\\_2011\\_21\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol_2011_21_3_5)
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. 2011. Centric Diatoms (Bacillariophyta, Centrophyceae) in Karelian waterbodies — *Inland Water Biology*. 4 (1): 1–11.  
<https://doi.org/10.1134/S199508291101007X>
- [Genkal et al.] Генкал С.И., Бондаренко Н.А., Шур Л.А. 2011. Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири. Рыбинск. 72 с.
- [Genkal, Denisov] Генкал С.И., Денисов Д.Б. 2016. Центрические водоросли (Bacillariophyta) озера Имандра (Кольский п-ов). — *Бот. журн.* 101 (10): 1133–1144.  
<https://doi.org/10.1134/S0006813616100021>
- [Genkal, Golokolenova] Генкал С.И., Голоколенова Т.Б. 2008. Центрические диатомовые водоросли Цимлянского водохранилища. — *Поволжский экологический журнал*. 3: 178–189.
- [Genkal, Komulainen] Генкал С.И., Комулайнен С.Ф. 2008. Материалы к флоре Bacillariophyta водоемов Карелии. IV. Реки Карельского побережья Белого моря. — *Бот. журн.* 93 (3): 393–398.
- [Genkal, Kulikovskiy] Генкал С.И., Куликовский М.С. 2009. О систематическом положении *Aulacoseira subborealis* (Bacillariophyta). — *Бот. журн.* 94 (9): 1359–1370.
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. 2014. Centric diatoms from Lake Frolikha (Transbaikal area) and peculiarities distribution of some taxa Asia — *Inland Water Biology*. 7 (3): 201–210.  
<https://doi.org/10.1134/S1995082914030079>
- [Genkal, Lepskaya] Генкал С.И., Лепская Е.В. 2013. Материалы к флоре центрических диатомовых водорослей оз. Нерпичье (эстуарии р. Камчатка). — Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 31: 62–73.
- [Genkal et al.] Генкал С.И., Михеева Т.М., Куликовский М.С., Лукьянова. 2010. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) реки Свислочь (Беларусь). 1. Centrophyceae. — *Гидробиол. журн.* 46 (1): 21–36.  
<http://dSPACE.nbuv.gov.ua/handle/123456789/65552>
- [Genkal, Okhapkin] Генкал С.И., Охупкин А.Г. 2013. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae) нижнего течения р. Оки (Российская Федерация). — *Гидробиол. журн.* 49 (1): 44–61.  
<http://dSPACE.nbuv.gov.ua/handle/123456789/122770>
- [Genkal, Okhapkin] Генкал С.И., Охупкин А.Г. 2015. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae, Bacillariophyta) планктона реки Клязьмы (РФ). — *Гидробиол. журн.* 51 (6): 41–50.  
<http://dSPACE.nbuv.gov.ua/handle/123456789/152038>
- [Genkal, Popovskaya] Генкал С.И., Поповская Г.И. 2003. Центрические диатомовые водоросли Селенгинского мелководья озера Байкал. — *Биол. внутр. вод.* 2: 9–14.
- [Genkal, Popovskaya] Генкал С.И., Поповская Г.И. 2008. Центрические диатомовые водоросли р. Селенга и ее дельтовых протоков. — *Биол. внутр. вод.* 2: 19–27.
- [Genkal, Romanov] Генкал С.И., Романов Р.Е. 2012. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae, Bacillariophyta) водотоков и водоемов юго-востока Западно-Сибирской равнины и Приполярного Урала. — *Сибирский экологический журнал*. IX (4): 541–556.
- [Genkal et al.] Генкал С.И., Теренько Л.М., Нестерова Д.А. 2009. Новые данные к флоре центрических диатомовых водорослей (Centrophyceae) Придунайского района Черного моря. — *Гидробиол. журн.* 45 (4): 52–72.  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj\\_2014\\_50\\_2\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj_2014_50_2_5)
- [Genkal, Trifonova] Генкал С.И., Трифонова И.С. 2001. Некоторые новые и редкие виды центрических диатомовых водорослей водоемов Северо-Запада России и Прибалтики. — *Биол. внутр. вод.* 3: 11–19.



- [Genkal, Trifonova] Генкал С.И., Трифонова И.С. 2006. Bacillariophyta малых притоков Ладожского озера. 1. Centrophyceae. — Бот. журн. 91 (4): 533–538.
- [Genkal, Trifonova] Генкал С.И., Трифонова И.С. 2006. Материалы к флоре Bacillariophyta р. Нарва и Нарвского водохранилища, Северо-Запад России. 1. Centrophyceae. — Бот. журн. 91 (5): 693–697.
- [Genkal, Trifonova] Генкал С.И., Трифонова И.С. 2009. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск. 72 с.
- [Genkal, Trifonova] Генкал С.И., Трифонова И.С. 2011. Центрические диатомовые водоросли (Centrophyceae, Bacillariophyta) планктона Невской губы Финского залива (Россия). — Альгология. 21 (1): 106–110.  
<http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/64155>
- [Genkal et al.] Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. 2015. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. М. 202 с.
- [Genkal, Yarushina] Генкал С.И., Ярушина М.И. 2002. Материалы к флоре центрических диатомовых водорослей (Centrophyceae) водоемов Среднего Урала. — Биол. внутр. вод. 2: 27–32.
- [Genkal, Yarushina] Генкал С.И., Ярушина М.И. 2018. Диатомовые водоросли слабоизученных водных экосистем Крайнего Севера Западной Сибири. М. 212 с.
- Gibson C.E., Anderson N.J., Haworth E.Y. 2003. *Aulacoseira subarctica*: taxonomy, physiology, ecology and palaeoecology. — Eur. J. Phycol. 38: 83–101.  
<https://doi.org/10.1080/0967026031000094102>
- Haworth E.Y. 1988. Distribution of diatom taxa of the old genus *Melosira* (now mainly *Aulacoseira*) in Cumbrian waters. — In: Algae and the aquatic environment. Bristol. P. 138–167.
- Houk V. 2003. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part I. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. — Czech Phycology. Supplement 1: 1–27.
- Houk V., Klee R. 2007. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part II. Melosiraceae and Aulacoseiraceae (Supplement to Part I). — Fottea 7 (2): 85–108.
- Houk V., Klee R., Passauer U. 2007. Observations on taxa of *Melosira* sensu lato among the slides from the Grunow diatom collection in Vienna (Austria). Part I. — Diatom Research. 22 (1): 57–80.  
<https://doi.org/10.1080/0269249X.2007.9705695>
- Houk V., Klee R., Tanaka H. 2017. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Second emended edition of Part I and II. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. — Fottea. 17(Supplement): 1–616.
- [Kharitonov, Genkal] Харитонов В.Г., Генкал С.И. 2012. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан. 402 с.
- Kiss K.T., Klee R., Ector L., Ács É. 2012. Centric diatoms of large rivers and tributaries in Hungary: morphology and biogeographic distribution. — Acta Bot. Croat. 71 (2): 311–363.  
<https://doi.org/10.2478/v10184-011-0067-0>
- Krammer K. 1991. Morphology and taxonomy of some taxa in the genus *Aulacoseira* Thwaites (Bacillariophyceae). — Nova Hedwigia. 52 (1–2): 89–112.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. — Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3. Stuttgart, Jena. 576 s.
- [Kulikovskiy et al.] Куликовский М.С., Глушенко А.Н., Генкал С.И., Кузнецова И.В. 2016. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль. 804 с.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 1996. Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen. Kalkreich-oligodystroph – schwach gepuffertes Weichwasser. — Iconographia Diatomologica. 2: 1–390.
- Lepskaya E., Jewson D.H., Usoltseva M.V. 2010. *Aulacoseira subarctica* in Kurilskoye Lake, Kamchatka: a deep, oligotrophic lake and important pacific salmon nursery. — Diatom Research. 25 (2): 323–335.  
<https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.9705853>
- Likhoshway Y.V., Crawford R.M. 2000. The rimoportula – neglected feature in the systematics of *Aulacoseira*. — In: Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Diatom Symposium. Greece. P. 33–47.
- [Maistrova, Genkal, Shcherbak, Semenyuk] Майстрова Н.В., Генкал С.И., Щербак В.И., Семенюк Н.Е. 2007. Centrophyceae верхней части Каневского водохранилища (Украина). — Альгология. 17 (4): 467–475.  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol\\_2007\\_17\\_4\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol_2007_17_4_6)
- Meister F. 1913. Beiträge zur Bacillariaceenflora Japan. — Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Stuttgart. 8: 305–312.
- Nygaard G. 1956. Ancient and recent flora of Diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribso. — Folia Limnologica Scandinavica 8: 32–94.
- [Opredelitel...] Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. 1951. М. 619 с.
- Peeters V., Ector L. 2017. Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon. Volume 1: Centriques, Araphidées. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-France-Comté. 309 p.
- [Popovskaya et al.] Поповская Г.И., Генкал С.И., Лихошвай Е.В. 2011. Диатомовые водоросли планктона озера Байкал: атлас-определитель. Новосибирск. 192 с.
- Potapova M. 2010. *Aulacoseira pusilla*. — In Diatoms of North America. Retrieved September 28. 2020. from <https://diatoms.org/species/aulacoseirapusilla>
- [Shcherbak et al.] Щербак В.И., Генкал С.И., Кравцова О.В. 2018. Центрические диатомовые (Centrophyceae) водоемов различных городских конгломераций. — Гидробиол. журн. 54 (4): 46–57.  
<https://doi.org/10.1127/0029-5035/2003/0077-0407>
- Simonsen R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. — Bacillaria. 2: 9–71.
- Siver P.A., Kling P. 1997. Morphological observations of *Aulacoseira* using scanning electron microscopy. — Can. J. Bot. 75: 1807–1835.
- Tuji A. 2015. Distribution and Taxonomy of the *Aulacoseira distans* Species Complex Found in Japanese Harmonic

- Artificial Reservoirs. – Bull. Natl. Mus. Sci. Ser. B. 41 (2): 53–60.
- Tuji A., Houki A. 2001. Centric diatoms in Lake Biwa. – Lake Biwa Study Monographs. Otsu. 90 p.
- Tuji A., Houki A. 2004. Taxonomy, Ultrastructure, and Biogeography of the *Aulacoseira subarctica* Species Complex. – Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo. Ser. B. 30 (2): 35–54.
- Tuji A., Williams D.M. 2006. Type examination of the freshwater centric diatom *Aulacoseira pusilla* (F.Meister) Tuji et Houk. – Diatom. 22: 70–73.
- Weide D.M. 2015. *Aulacoseira stevensiae* sp. nov. (Coscinodiscophyceae, Bacillariophyta), a new diatom from Ho Ba Bê, Bac Kan Province, Northern Việt Nam. – Diatom Research. 30 (3–4): 263–268.  
<https://doi.org/10.1080/0269249x.2015.1074114>

## ON THE MEMBERS OF THE GENUS *AULACOSEIRA* (BACILLARIOPHYTA) NEW FOR THE FLORA OF RUSSIA

S. I. Genkal

*Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences  
Borok, Nekouzskiy District, Yaroslavl Region, 152742, Russia  
e-mail: genkal@ibiw.ru*

This study of morphological traits of the frustules of the *Aulacosiera* taxa (*A. subarctica*, *A. subborealis*, *A. scalaris*, *A. pusilla*) has shown a higher variability in quantitative (valve diameter, height of its mantle, the ratio of the mantle height to the valve diameter, number of areolae and striae in 10 µm) and qualitative (arrangement of areolae on the valve face and mantle) characteristics. For the first time, the length and shape of spines as well as the size of ringleist have been evaluated for *A. scalaris* and *A. pusilla* – new species to the flora of Russia. The data obtained from this study have allowed to extend diagnoses of these species, refine taxonomic position of two species known before in Russia, *A. subarctica* and *A. subborealis*, specify their ecology, and reduce *A. stevensiae* to the synonymy of *A. pusilla*.

**Keywords:** Bacillariophyta, *Aulacoseira subarctica*, *A. subborealis*, *A. scalaris*, *A. pusilla*, *A. stevensiae*, morphology, taxonomy, distribution, ecology, electron microscopy, new records

### ACKNOWLEDGMENTS

This research was carried out within the framework of state assignment No. 121051100099-5.

### REFERENCES

- Chudaev D.A., Gololobova M.A. 2016. Diatomovye vodorosli ozera Glubokogo (Moskovskaya oblast) [Diatom algae in Lake Glubokoe (Moscow Oblast)]. Moscow. 447 p. (In Russ.).
- Davydova N.N., Moiseeva A.I. 1992. Genus: *Aulacosira* Thw. – In: Diatoms of the USSR (fossil and modern). St. Petersburg. II (2): 76–85 (In Russ.).
- Denys L., Muylaert K., Krammer K., Joosten T., Reid M., Rioual P. 2003. *Aulacoseira subborealis* stat. nov. (Bacillariophyceae): a common but neglected plankton diatom. – Nova Hedwigia. 77 (3–4): 407–427.  
<https://doi.org/10.1127/0029-5035/2003/0077-0407>
- Genkal S.I., Belyaeva P.G. 2011. Diatom algae (Centrophyceae) in the Kama reservoir (Russia). – Algologia. 21 (3): 312–320 (In Russ.).  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol\\_2011\\_21\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol_2011_21_3_5)
- Genkal S.I., Bondarenko N.A., Shchur L.A. 2011. Diatomovye vodorosli ozer yuga i severa Vostochnoi Sibiri [Diatoms of lakes in the south and north of Eastern Siberia]. Rybinsk. 72 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. 2011. Centric Diatoms (Bacillariophyta, Centrophyceae) in Karelian waterbodies – Inland Water Biology. 4 (1): 1–11 (In Russ.).  
<https://doi.org/10.1134/S199508291101007X>
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A., Komulaynen S.F. 2015. Diatomovye vodorosli vodoemov i vodotokov Karelii [Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia]. Moscow. 202 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Denisov D.B. 2016. Centric diatoms (Bacillariophyta) of Lake Imandra (Kola Peninsula). – Bot. Zhurn. 101 (10): 1133–1144 (In Russ.).  
<https://doi.org/10.1134/S0006813616100021>
- Genkal S.I., Golokolenova T.B. 2008. Centric diatom algae of the Tsimlyansk reservoir. – Povolzhskiy Journal of Ecology. 3: 178–189 (In Russ.).
- Genkal S.I., Komulaynen S.F. 2008. Materials to the flora of Bacillariophyta of the Karelian waterbodies. IV. Rivers of the Karelian White Sea Coast. – Bot. Zhurn. 93 (3): 393–398 (In Russ.).
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. 2009. On taxonomic position of *Aulacoseira subborealis* (Bacillariophyta). – Bot. Zhurn. 94 (9): 1359–1370 (In Russ.).
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. 2014. Centric diatoms from Lake Frolikha (Transbaikal area) and peculiarities distribution of some taxa Asia. – Inland Water Biology. 7 (3): 201–210 (In Russ.).  
<https://doi.org/10.1134/S1995082914030079>
- Genkal S.I., Lepskaya E.V. 2013. Data on the Centrophyceae diatoms flora of the Nerpich'e Lake (estuarine water body of the Kamchatka bRiver). – The researches of

- the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 31: 62–73 (In Russ.).
- Genkal S.I., Mikheyeva T.M., Kulikovskiy M.S., Lukyanova Ye.V. 2010. Diatom algae (Bacillariophyta) of the Svisloch river (Belorussia). Report 1. Centrophyceae. – Hydrobiological Journal. 46 (1): 21–36 (In Russ.). <http://dSPACE.nbu.gov.ua/handle/123456789/65552>
- Genkal S.I., Okhapkin A.G. 2013. Centric diatoms (Centrophyceae) of the lower reaches of the river. Oki (Russian Federation). – Hydrobiological Journal. 49 (1): 44–61 (In Russ.). <http://dSPACE.nbu.gov.ua/handle/123456789/122770>
- Genkal S.I., Okhapkin A.G. 2015. Plankton Centrophyceae (Bacillariophyta) of the Klyaz'ma River (Russian Federation). – Hydrobiological Journal. 52 (2): 35–48 (In Russ.). <http://dSPACE.nbu.gov.ua/handle/123456789/152038>
- Genkal S.I., Popovskaya G.I. 2003. Centric diatoms of the Selenginskoye shoal of Lake Baikal. – Biology of Inland Water. 2: 9–14 (In Russ.).
- Genkal S.I., Popovskaya G.I. 2008. Centric diatom algae of the Selenga River and its Delta Tributaries. – Biology of Inland Waters. 2: 19–27 (In Russ.).
- Genkal S.I., Romanov R.E. 2012. Centric Diatoms (Centrophyceae, Bacillariophyta) in watercourses and bodies of water in southeast of West Siberian Plain and Polar Ural. – Contemporary Problems of Ecology. 5 (4): 399–412 (In Russ.).
- Genkal S.I., Terenko L.M., Nesterova D.A. 2009. New data on flora of Centrophyceae in the Danube area of the Black Sea. – Hydrobiologia. 45 (4): 52–72 (In Russ.). [http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj\\_2014\\_50\\_2\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbj_2014_50_2_5)
- Genkal S.I., Trifonova I.S. 2001. Some new and rare species of centric diatoms in waterbodies of the North-Western Russia and Baltics. – Biology of Inland Water. 3: 11–19 (In Russ.).
- Genkal S.I., Trifonova I.S. 2006. Bacillariophyta of minor tributaries of Ladoga Lake. 1. Centrophyceae. – Bot. Zhurn. 91 (4): 533–538 (In Russ.).
- Genkal S.I., Trifonova I.S. 2006. Materials on the flora of Bacillariophyta of the Narva river and Narva reservoir (North-Western Russia). 1. Centrophyceae. – Bot. Zhurn. 91 (5): 693–697 (In Russ.).
- Genkal S.I., Trifonova I.S. 2009. Diatomovye vodorosli planktona Ladozhskogo ozera i vodoemov ego basseina [Diatom algae of the plankton of Lake Ladoga and water-bodies of its basin. Rybinsk. 72 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Trifonova I.S. 2011. Centric diatoms (Centrophyceae, Bacillariophyta) in plankton of the Neva Bay of the Gulf of Finland. – Algologia. 21 (1): 106–110 (In Russ.). <http://dSPACE.nbu.gov.ua/handle/123456789/64155>
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2002. Materials to the flora of centric (Centrophyceae) diatoms in water bodies of the Middle Urals. – Biology of Inland Waters. 2: 27–32 (In Russ.).
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2018. Diatomovye vodorosli slabo izuchennykh vodnykh ekosistem Krainego Severa Zapadnoy Sibiri [Diatom algae of poorly studied aquatic ecosystem in the Far North of Western Siberia]. Moscow. 212 p. (In Russ.).
- Gibson C.E., Anderson N.J., Haworth E.Y. 2003. *Aulacoseira subarctica*: taxonomy, physiology, ecology and palaeoecology. – Eur. J. Phycol. 38: 83–101. <https://doi.org/10.1080/0967026031000094102>
- Haworth E.Y. 1988. Distribution of diatom taxa of the old genus *Melosira* (now mainly *Aulacoseira*) in Cumbrian waters. – In: Algae and the aquatic environment. Bristol. P. 138–167.
- Houk V. 2003. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part I. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. – Czech Phycology Supplement 1: 1–27.
- Houk V., Klee R., Passauer U. 2007. Observations on taxa of *Melosira* sensu lato among the slides from the Grunow diatom collection in Vienna (Austria). Part 1. – Diatom Research. 22(1): 57–80. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2007.9705695>
- Houk V., Klee R., Tanaka H. 2017. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Second emended edition of Part I and II. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. – Fottea. 17 (Supplement): 1–616.
- Kharitonov V.G., Genkal S.I. 2012. Diatomovye vodorosli ozera Elgygytgyn i ego okrestnostey (Chukotka) [Diatoms of the Elgygytgyn Lake and its vicinities (Chukotka)]. Magadan. 402 p. (In Russ.).
- Kiss K.T., Klee R., Ector L., Ács É. 2012. Centric diatoms of large rivers and tributaries in Hungary: morphology and biogeographic distribution. – Acta Bot. Croat. 71 (2): 311–363. <https://doi.org/10.2478/v10184-011-0067-0>
- Krammer K. 1991. Morphology and taxonomy of some taxa in the genus *Aulacoseira Thwaites* (Bacillariophyceae). – Nova Hedwigia. 52 (1–2): 89–112.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. – Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd.2/3. Stuttgart, Jena. 576 s.
- Kulikovskiy M.S., Glushchenko A.M., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. 2016. Opredelitel diatomovykh vodorosley Rossii Identification book of diatoms from Russia. Yaroslavl. 804 p. (In Russ.).
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 1996. Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen. Kalkreich-oligodystroph – schwach gepuffertes Weichwasser. – Iconographia Diatomologica. 2: 1–390.
- Lepskaya E., Jewson D.H., Usoltseva M.V. 2010. *Aulacoseira subarctica* in Kurilskoye Lake, Kamchatka: a deep, oligotrophic lake and important pacific salmon nursery. – Diatom Research. 25 (2): 323–335. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.9705853>
- Likhoshvay Y.V., Crawford R.M. 2000. The rimoportula – neglected feature in the systematics of *Aulacoseira*. – In: Proceedings of the 16th International Diatom Symposium. Greece. P. 33–47.

- Maystrova N.V., Genkal S.I., Scherbak V.I., Semenyuk N.Ye. 2007. Centrophyceae the upper section of the Kanev water reservoir (Ukraine). — *Algologia*. 17 (4): 467–475 (In Russ.).  
[http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol\\_2007\\_17\\_4\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/algol_2007_17_4_6)
- Meister F. 1913. Beiträge zur Bacillariaceenflora Japan. — *Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde*, Stuttgart. 8: 305–312.
- Nygaard G. 1956. Ancient and recent flora of Diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribso. — *Folia Limnologica Scandinavica*. 8: 32–94.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Дiatомовые водоросли [Key to freshwater algae of the USSR. Iss. 4. Diatom algae]. 1951. Moscow. 619 p. (In Russ.).
- Peeters V., Ector L. 2017. Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon. Volume 1: Centriques, Araphidées. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-France-Comté. 309 p.
- Popovskaya G.I., Genkal S.I., Likhoshvay Ye.V. 2011. Diatomovye vodorosli planktona озера Байкал: atlas-opredelitel [Diatoms of the plankton of Lake Baikal: atlas and key]. Novosibirsk. 192 p. (In Russ.).
- Potapova M. 2010. *Aulacoseira pusilla*. — In: Diatoms of North America. Retrieved September 28, 2020. from <https://diatoms.org/species/aulacoseirapusilla>
- Shcherbak V.I., Genkal S.I., Kravtsova O.V. 2018. Centric diatoms (Centrophyceae) of water bodies of urban agglomerations. — *Hydrobiological Journal*. 54 (4): 46–57.  
<http://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/14325>
- Simonsen R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. — *Bacillaria*. 2: 9–71.
- Siver P.A., Kling P. 1997. Morphological observations of *Aulacoseira* using scanning electron microscopy. — *Can. J. Bot.* 75: 1807–1835.
- Tuji A. 2015. Distribution and Taxonomy of the *Aulacoseira distans* Species Complex Found in Japanese Harmonic Artificial Reservoirs. — *Bull. Natl. Mus. Sci. Ser. B*. 41 (2): 53–60.
- Tuji A., Houki A. 2001. Centric diatoms in Lake Biwa. — *Lake Biwa Study Monographs*. Otsu. 90 p.
- Tuji A., Houki A. 2004. Taxonomy, Ultrastructure, and Biogeography of the *Aulacoseira subarctica* Species Complex. — *Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo. Ser. B*. 30 (2): 35–54.
- Tuji A., Williams D.M. 2006. Type examination of the freshwater centric diatom *Aulacoseira pusilla* (F. Meister) Tuji et Houk. — *Diatom*. 22: 70–73.
- Weide D.M. 2015. *Aulacoseira stevensiae* sp. nov. (Coscinodiscophyceae, Bacillariophyta), a new diatom from Ho Ba Bê, Bac Kan Province, Northern Việt Nam. — *Diatom Research*. 30 (3–4): 263–268.  
<https://doi.org/10.1080/0269249x.2015.1074114>