

ALGAE — ВОДОРОСЛИ

Sellaphora archibaldii (Bacillariophyta) — новый для России вид диатомовой водоросли

С. И. Генкал¹, Т. В. Еремкина², М. А. Гололобова³

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

²Уральский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
Екатеринбург, Россия

³Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

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

Резюме. Изучение фитопланктона Нижне-Тагильского водохранилища (Свердловская обл., Россия) с помощью сканирующей электронной микроскопии позволило обнаружить в этом водоеме несколько видов мелкоразмерных диатомовых водорослей из рода *Sellaphora*, включая новый для флоры России вид *S. archibaldii*. Для этого вида выявлены отличия диапазонов изменчивости числа штрихов и ареол в 10 мкм от указанных в первоописании и литературных источниках, что позволило уточнить его диагноз. На основе анализа морфологических признаков сходного вида, *S. becaresii*, предложено рассматривать последний как синоним *S. archibaldii*. Новые данные по местонахождению *S. archibaldii* позволили также уточнить экологию и распространение этого вида.

Ключевые слова: *Sellaphora*, диатомовые водоросли, морфология, электронная микроскопия, Нижне-Тагильское водохранилище, Россия, Средний Урал.

Sellaphora archibaldii (Bacillariophyta), a new for Russia diatom species

S. I. Genkal¹, T. V. Eremkina², M. A. Gololobova³

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

²Ural Branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography”

³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

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

Abstract. The scanning electron microscopy study of phytoplankton from the Nizhny Tagil Reservoir (Sverdlovsk Region, Russia) has revealed some small-sized diatom species of *Sellaphora*, including a new for Russian territory species, *S. archibaldii*. Analysis of morphometric features of *S. archibaldii* (striae and areolae number in 10 µm) has shown the inconsistency with the original description and published data, which allow to specify the diagnosis of this species. The analysis of morphologically similar species, *S. becaresii*, makes it possible to synonymize it with *S. archibaldii*. New data on the locality clarify the ecology and distribution of *S. archibaldii*.

Keywords: *Sellaphora*, diatoms, electron microscopy, morphology, Middle Urals, Nizhny Tagil Reservoir, Russia.

Род *Sellaphora* Mereschk. был описан в начале 20 века К. С. Мережковским и включал на тот момент четыре вида (Mereschkowsky, 1902). Позднее значительное число представителей рода *Navicula* Bory перевели в *Sellaphora* (Mann *et al.*, 2008; Potapova, Ponader, 2008; Wetzel *et al.*, 2013; Kulikovskiy *et al.*, 2016; Cantonati *et al.*, 2017; и др.). В настоящее время в роде *Sellaphora* известно 245 номенклатурных таксонов (видов, разновидностей и форм) (Guiry, Guiry, 2022). Для России известно около 50 видов этого рода, многие из которых широко распространены в разных водоемах и водотоках (Kulikovskiy *et al.*, 2010; Kharitonov, Genkal, 2012; Genkal *et al.*, 2015; Chudaev, Gololobova, 2016; Genkal, Yarushina, 2018), при этом 28 видов из них относятся к эндемикам Байкала (Kulikovskiy *et al.*, 2012).

Вид *Sellaphora archibaldii* (J. C. Taylor et Lange-Bert.) Ács, C. E. Wetzel et Ector был описан в 2006 г. как *Eolimna archibaldii* J. C. Taylor et Lange-Bert. из реки Валь (ЮАР) и считался эндемиком Южной Африки (Taylor, Lange-Bertalot, 2006). Позднее этот вид был обнаружен в разных пресноводных водоемах Европы (Венгрии, Германии и Франции) и переведен в род *Sellaphora* на основании таких морфологических признаков как однорядные штрихи, прямой шов со слегка отогнутыми проксимальными конечными щелями, наличие хеликтоглосс у дистальных конечных щелей шва (Ács *et al.*, 2017). Стоит также отметить, что данный вид имеет длину створки менее 10 мкм и относится к так называемым «мелкоразмерным» (*small-sized*) диатомовым водорослям, для корректной идентификации которых необходимо использовать методы электронной микроскопии.

Цель настоящего исследования — изучение морфологии мелкоразмерной диатомовой водоросли *Sellaphora archibaldii* и схожих с ней таксонов с помощью сканирующей электронной микроскопии, а также уточнение данных по распространению и экологии данного вида.

Материал и методы

Материалом послужили пробы фитопланктона из Нижне-Тагильского водохранилища, собранные в 2016 г. Водоем расположен на территории г. Нижний Тагил (57°51'24.81"N, 59°58'57.63"E) и входит в каскад водохранилищ бассейна р. Тагил (Обь-Иртышский бассейн). Площадь водосбора — 1690 км², площадь зеркала — 7.9 км², средняя глубина — 3.64 м. Вода в водохранилище пресная, среднеминерализованная (минерализация 148–221 мг/дм³), по водородному показателю близкая к нейтральной (рН 6.7–7.4), температура воды с мая по сентябрь варьирует от 7 до 22°C. Водоем эвтрофный, среднесезонная биомасса фитопланктона достигает 13.6 г/м³ (Vodnye..., 2004).

Отбор проб проводили с мая по сентябрь. Пробы фитопланктона отбирали батометром Руттнера последовательно с каждого метрового горизонта от поверхности до дна, смешивали в одной емкости и брали интегральную пробу объемом 0.5 дм³, фиксировали 40% раствором формалина, обрабатывали в лаборатории в соответствии с общепринятыми методами (Metodika..., 1975; Metodicheskie..., 1981).

Освобождение створок диатомей от органического вещества проводили методом холодного сжигания (Balonov, 1975). Суспензию очищенных створок наносили на столик и высушивали при комнатной температуре, напыление проводили золотом в ионной напылительной установке Eiko IB 3. Приготовленный препарат (столик № 1_Нижне-Тагильское водохранилище) изучали в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JSM-6510LV в Институте биологии внутренних вод РАН. Препарат хранится в коллекции С. И. Генкала (Институт биологии внутренних вод РАН). При описании вида использована общепринятая терминология (Gogorev *et al.*, 2018).

Результаты и обсуждение

При исследовании *Sellaphora archibaldii* в СЭМ длина створок варьировала от 5.0 до 5.9 мкм, ширина — от 2.7 до 3.2 мкм, число штрихов в 10 мкм — от 30 до 35, число ареол в 10 мкм штриха — от 50 до 70. Размерные признаки створок (n = 8) соответствуют данным, представленным в литературе (Taylor, Lange-Bertalot, 2006; Ács *et al.*, 2017), а минимальные значения числа штрихов и ареол отличаются от опубликованных в меньшую сторону (Табл. 1). По нашему мнению, эти различия могут быть обусловлены межпопуляционной изменчивостью (Genkal, 2014; Genkal, Yarushina, 2016; Genkal *et al.*, 2018). Качественные признаки (форма створки, строение шва с наружной и внутренней поверхности, расположение штрихов на створке и ареол в штрихах) (Fig. 1) соответствуют протологу вида и литературным данным (Taylor, Lange-Bertalot, 2006; Ács *et al.*, 2017).

Таблица 1

Диапазоны изменчивости количественных морфологических признаков *Sellaphora archibaldii* и сходных видов / Variation in morphological quantitative characteristics of *Sellaphora archibaldii* and similar species

Длина створки, мкм / Length of valve, μm	Ширина створки, мкм / Width of valve, μm	Число штрихов в 10 мкм / Number of striae in 10 μm	Число ареол в 10 мкм / Number of areolae in 10 μm	Источники/References
<i>S. archibaldii</i>				
5.5–6.5	2.8–3.5	32–36	70–90	Taylor, Lange-Bertalot, 2006 ¹
5.4–6.4	2.5–3.4	32–36	70–80	Ács <i>et al.</i> , 2017
5.0–5.9	2.7–3.2	30–35	50–70	Наши данные / Our data
<i>S. chistiakovae</i>				
8.0–10.7	4.6–6.4	16–20	56–60	Kulikovskiy <i>et al.</i> , 2010 ²
<i>S. becaresii</i>				
5.2–5.8	2.2–2.7	30–40	45–70	Blanco <i>et al.</i> , 2009 ³

¹Вид приводится как *Eolimna archibaldii* J. C. Taylor et Lange-Bert. / the species is recorded as *E. archibaldii*. ²Вид приводится как *E. chistiakovae* Kulikovskiy et Lange-Bert. / the species is recorded as *E. chistiakovae*. ³Вид приводится как *E. becaresii* S. Blanco et Ector / the species is recorded as *E. becaresii*.

Sellaphora archibaldii имеет сходство с другими мелкоразмерными представителями рода, такими как *S. chistiakovae* (Kulikovskiy et Lange-Bert.) С. Е. Wetzel et al. (Kulikovskiy et al., 2010) и *S. becaresii* (S. Blanco et Ector) С. Е. Wetzel, Ács et Ector (Blanco et al., 2009). От *S. chistiakovae* *S. archibaldii* отличается меньшей длиной и шириной створки, и большим числом штрихов и ареол в 10 мкм (Табл. 1). От *S. becaresii* *S. archibaldii* отличается меньшей шириной створки и числом ареол в 10 мкм (Табл. 1). Согласно предыдущим исследованиям, основное отличие между этими видами состоит в разных значениях отношения длины створки к ее ширине (далее — Д/Ш), которое больше или равно 2.2 у *S. becaresii*, но менее 2.2 у *S. archibaldii* (Ács et al., 2017: 60). При этом, в данном случае между этими видами имеется еще гиатус и по числу ареол в 10 мкм (Табл. 1), который, по нашему мнению, может быть обусловлен межпопуляционной изменчивостью (Genkal, 2014; Genkal, Yarushina, 2016; Genkal et al., 2018). С другой стороны, наши измерения длины и ширины створок у *S. becaresii* по опубликованным СЭМ микрофотографиям (Blanco et al., 2009: Fig. 44–53) и подсчет отношения Д/Ш показали, что значения отношения Д/Ш были меньше указанного выше отношения 2.2 и варьировали от 1.89 до 2.21, т.е. совпали с таковыми для *S. archibaldii*. Следовательно, этот единственный дифференциальный признак не может служить основанием для выделения *S. becaresii* в качестве самостоятельного вида и, по нашему мнению, его следует считать синонимом *S. archibaldii*. На возможную конспецифичность *S. archibaldii* и *S. becaresii* указывают и Ács et al. (2017: 61), в связи с тем, что многие морфологические ультраструктурные признаки у этих видов перекрываются и являются идентичными, хотя авторы не сводят их в синонимы, а принимают «консервативную стратегию» (“We adopt the conservative strategy of maintaining *E. becaresii* as a separate species, while transferring it to *Sellaphora* because of its morphological similarity to *S. archibaldii* and other small-celled *Sellaphora* species”).

Несмотря на то, что вид *Sellaphora archibaldii* был описан как эндемик Южной Африки (Taylor, Lange-Bertalot, 2006), исследования с использованием СЭМ показывают, что этот вид нельзя считать таковым. Это наглядно демонстрирует как работа Ács et al. (2017), так и наше исследование. Также мы полностью согласны с утверждением, что изучение мелкоразмерных диатомовых водорослей необходимо проводить при помощи СЭМ, что важно не только с точки зрения выявления их таксономического разнообразия, но и для уточнения экологии и распространения видов (Wetzel et al., 2015). В частности, в исследованном нами материале были отмечены и другие мелкоразмерные виды рода *Sellaphora* (*S. atomoides* (Grunow) С. Е. Wetzel et Van de Vijver, *S. medioconvexa* (Hust.) С. Е. Wetzel, *S. nigri* (De Not.) С. Е. Wetzel et Ector, *S. smirnovii* Chudaev et Gololobova), которые крайне трудно идентифицировать методом световой микроскопии.

Вид *Sellaphora archibaldii* обнаружен в Южной Африке и Европе в слабощелочных эвтрофных водах с повышенным содержанием электролитов (Taylor,

Lange-Bertalot, 2006; Ács *et al.*, 2017). В Европе этот вид был обнаружен в разных водоемах и водотоках Венгрии, Германии и Франции, глубина которых не превышала 2 м. В Венгрии *S. archibaldii* отмечен в старичном озере при pH 7.8 и температуре воды 22 °C; в Германии — в р. Ойле (приток р. Вира) при pH 8.1 и температуре воды 15.5 °C; во Франции — в искусственном пруду при pH 8.4 и температуре воды 20.7 °C (Ács *et al.*, 2017). Нижне-Тагильское водохранилище также относится к эвтрофному типу, в котором значение pH при отборе проб варьировало в пределах от 6.7 до 7.4. Из этого можно заключить, что данный вид встречается не только при слабощелочной, но и нейтральной реакции среды.

Вид *Sellaphora becaresii*, который, по нашему мнению, конспецифичен *S. archibaldii*, был описан как *Eolimna becaresii* из неглубокого озера Констанзана в Испании, охарактеризованного как гипертрофное, имеющее среднюю глубину 0.89 м, в котором при отборе материала наблюдали температуру воды 24 °C и pH 7.8 (Blanco *et al.*, 2009). Таким образом, экологические условия, в которых этот вид был отмечен, крайне схожи с условиями, при которых развивается *S. archibaldii* (см. выше).

Ниже мы приводим уточненный диагноз вида с учетом наших и литературных данных.

Sellaphora archibaldii (J. C. Taylor et Lange-Bert.) Ács, C. E. Wetzel et Ector, 2017, Fottea, Olomouc, 17(1): 60. (Fig. 1)

= *Eolimna archibaldii* J. C. Taylor et Lange-Bert., 2006, African J. Aquatic Sci., 31(2): 178, Fig. 3 (a–y).

= *Sellaphora becaresii* (S. Blanco et Ector) C. E. Wetzel, Ács et Ector, 2017, Fottea, Olomouc, 17(1): 61. = *Eolimna becaresii* S. Blanco et Ector, 2009, Diatom Res., 24(2): 490–491, Figs. 2–54.

Створки от ромбически-эллиптических до ромбически-ланцетных с клиновидными закругленными концами. Длина створки 5.0–6.5 мкм, ширина 2.2–3.5 мкм. С наружной поверхности (Fig. 1A–E) шов нитевидный, почти прямой, центральные щели шва загнуты к первичной стороне створки, конечные — в противоположную (к вторичной стороне створки). Осевое поле узколинейное, стернум приподнятый, отчетливо рельефный, среднее поле слегка расширено за счет нескольких укороченных штрихов. Штрихи слабо радиальные, 30–40 в 10 мкм, однорядные, состоят из округлых ареол, 45–90 в 10 мкм. С внутренней поверхности (Fig. 1F) шов прямой, центральные щели шва слегка загнуты к первичной стороне створки, конечные щели шва заканчиваются небольшими хеликтогlossen. На загибе створки присутствует один ряд ареол.

Распространение и экология. *Sellaphora archibaldii* известен из пресноводных водоемов Южной Африки, Венгрии, Германии, Франции, Испании и России (Средний Урал). Вид встречается в планктоне, бентосе и перифитоне эвтрофных водоемов при слабощелочных и нейтральных значениях pH.

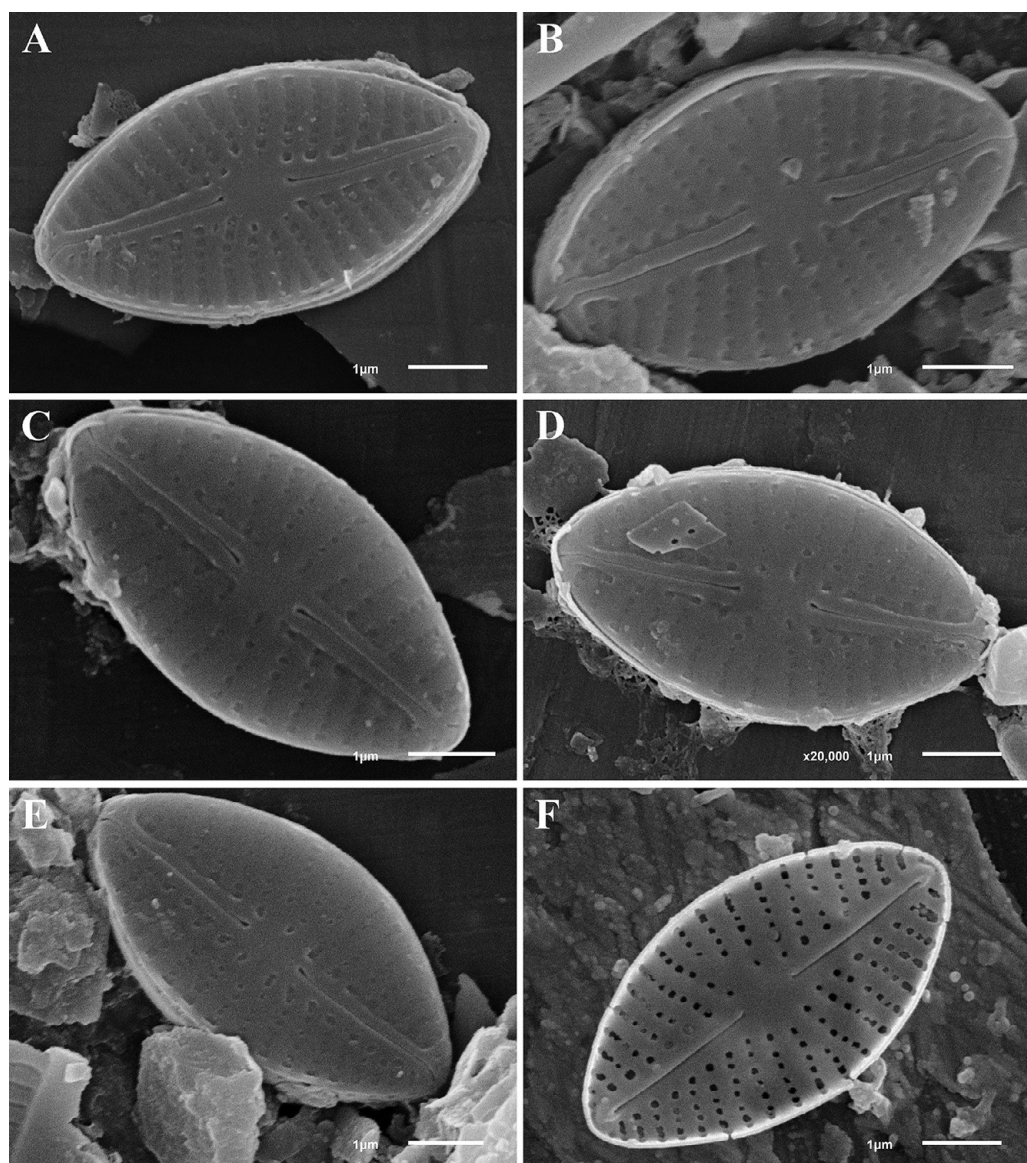


Fig. 1. *Sellaphora archibaldii* (препарат № 1 / stub № 1).
A–E — створка с наружной поверхности / external view of the valve;
F — створка с внутренней поверхности / internal view of the valve.
Масштабные линейки / Scale bars: A–F — 1 µm.

Заключение

Исследование проб фитопланктона из Нижне-Тагильского водохранилища при помощи СЭМ позволило выявить несколько мелкоразмерных видов диатомовых водорослей из рода *Sellaphora*, в том числе *S. archibaldii*, который впервые

отмечен в водоемах России. На основании изучения данного вида и сравнения его со схожими по морфологии таксонами мы считаем, что *S. becaresii* является конспецифичным *S. archibaldii*, в связи с чем предлагаем рассматривать первый как синоним *S. archibaldii*. Основываясь на этом заключении, мы приводим уточненный диагноз для *S. archibaldii* и дополняем данные о его распространении. Сравнение условий среды, в которых *S. archibaldii* и *S. becaresii* были обнаружены другими исследователями, с условиями, которые мы наблюдали в Нижне-Тагильском водохранилище, позволяет сделать вывод, что *S. archibaldii* развивается в водоемах с повышенным содержанием биогенных веществ при слабощелочных и нейтральных значениях pH. Наше исследование подтверждает необходимость использования СЭМ для корректной идентификации мелкоразмерных диатомовых, что позволяет не только детально изучить их морфологию, но также уточнить данные по экологии и распространению видов.

Благодарности

Работа С. И. Генкала выполнена в рамках государственного задания по теме № 121051100099-5. Работа М. А. Гололобовой выполнена в рамках научного проекта государственного задания МГУ № 121032300080-0. Авторы благодарны анонимным рецензентам за высказанные советы и предложения.

References / Литература

- Ács E., Wetzel C. E., Buczkó K. 2017. Biogeography and morphology of a poorly known *Sellaphora* species. *Fottea, Olomouc* 17(1): 57–64. <https://doi.org/10.5507/fot.2016.021>
- Balonov I. M. 1975. Preparation of algae for electron microscopy. *Metodika izucheniya boigeotsenozov* [Methods for the study of biocenoses]. Moscow: 87–89. [Балонов И. М. 1975. Подготовка водорослей к электронной микроскопии. *Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов*. М.: 87–89].
- Blanco S., Novais M. H., Hoffmann L., Ector L. 2009. *Eolimna becaresii* sp. nov., a new diatom taxon from a Spanish hallow lake. *Diatom Research* 24(2): 487–494. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2009.9705815>
- Cantonati M., Kelly M. G., Lange-Bertalot H. 2017. *Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessments. English edition with updated taxonomy and added species*. Schmitten-Oberreifenberg: 942 p.
- Chudaev D. A., Gololobova M. A. 2016. *Diatomovye vodorosli ozera Glubokogo (Moskovskaya oblast)* [Diatoms of Lake Glubokoe (Moscow Region)]. Moscow: 447 p. [Чудаев Д. А., Гололобова М. А. 2016. Диатомовые водоросли озеро Глубокое (Московская область). М.: 447 с.].
- Genkal S. I. 2014. On morphological variability of some widespread and rare species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 48: 38–49. [Генкал С. И. 2014. К вопросу о морфологической изменчивости некоторых широко распространенных и редких видов рода *Navicula* (Bacillariophyta). *Новости систематики низших растений* 48: 38–49]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2014.48.38>
- 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. [Генкал С. И., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. 2015. *Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии*. М.: 202 с.].
- Genkal S. I., Shabalina Yu. N., Kapustin D. A., Stenina A. S., Sterlyagova I. N. 2018. Morphology and geographic distribution of three *Kobayasiella* species (Bacillariophyta) in northeastern European

- Russia. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 52(2): 253–263. [Генкал С. И., Шабалина Ю. Н., Капустин Д. А., Стенина А. С., Стерлягова И. Н. 2018. Морфология и распространение трех видов рода *Kobayasiella* (Bacillariophyta) на северо-востоке европейской части России. *Новости систематики низших растений* 52(2): 253–263]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.253>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2016. On the morphological variability of some species of the genus *Navicula* (Bacillariophyta) from waterbodies and watercourses of the Yamal Peninsula. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 50: 23–33. [Генкал С. И., Ярушина М. И. 2016. Морфологическая изменчивость некоторых видов рода *Navicula* (Bacillariophyta) из водоемов и водотоков полуострова Ямал. *Новости систематики низших растений* 50: 23–33]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2016.50.23>
- Genkal S. I., Yarushina M. I. 2018. *Diatomovye vodorosli slaboizuchennykh vodnykh ekosistem Krainego Severa Zapadnoi Sibiri* [Diatom algae of poorly studied aquatic ecosystem in the Far North of Western Siberia]. Moscow: 212 p. [Генкал С. И., Ярушина М. И. 2018. *Диатомовые водоросли слабоизученных водных экосистем Крайнего Севера Западной Сибири*. М.: 212 с.]
- Gogorev R. M., Chudaev D. A., Stepanova V. A., Kulikovskiy M. S. 2018. Russian and English terminological glossary on morphology of diatoms. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* 52(2): 265–309. [Гогорев Р. М., Чудаев Д. А., Степанова В. А., Куликовский М. С. 2018. Русский и английский терминологический словарь по морфологии диатомовых водорослей. *Новости систематики низших растений* 52(2): 265–309]. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.265>
- Guiry M. D., Guiry G. M. 2022. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (Date of access: 10 VI 2022).
- Kharitonov V. G., Genkal S. I. 2012. *Diatomovye vodorosli ozera Elgygytgyn i ego okrestnostei (Chukotka)* [Diatoms of the Elgygytgyn Lake and its vicinities (Chukotka)]. Magadan: 402 p. [Харитонов В. Г., Генкал С. И. 2012. Диатомовые водоросли озера Эльгыгитгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан: 402 с.]
- Kulikovskiy M. S., Glushchenko A. M., Genkal S. I., Kuznetsova I. V. 2016. *Opredelitel' diatomovykh vodoroslei Rossii* [Identification book of diatoms from Russia]. Yaroslavl: 804 p. [Куликовский М. С., Глущенко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. 2016. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: 804 с.]
- Kulikovskiy M. S., Lange-Bertalot H., Metzeltin D., Witkowski A. 2012. Lake Baikal: hotspot of endemic diatoms I. *Iconographia Diatomologica* 23: 7–608.
- Kulikovskiy M. S., Lange-Bertalot H., Witkowski A. 2010. Diatom flora of Polistovo-Lowatski Sphagnum tract (European Russia). I. *Eolimna chistiakovae* sp. nov. and further transfers to the genus *Eolimna* Lange-Bertalot et Schiller. *Diatom Research* 25(1): 77–85. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2010.9705830>
- Mann D. G., Thomas S. J., Evans K. M. 2008. Revision of the diatom genus *Sellaphora*: a first account of the larger species in the British Isles. *Fottea, Olomouc* 8(1): 15–78. <https://doi.org/10.5507/fot.2008.002>
- Mereschkowsky C. 1902. On *Sellaphora*, a new genus of diatoms. *Annals and Magazine of Natural History, Series 7*, 9: 185–195. <https://doi.org/10.1080/00222930208678565>
- Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Fitoplankton i ego produktsiya* [Guidelines for the collection and processing of materials for hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Phytoplankton and its products]. 1981. Leningrad: 6–15. [Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. 1981. Л.: 6–15].
- Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov* [Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies]. 1975. Moscow: 240 p. [Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: 240 с.]

- Potapova M. G., Ponader K. C. 2008. New species and combinations in the diatom genus *Sellaphora* (Sellaphoraceae) from Southeastern United States. *Harvard Papers in Botany* 13(1): 171–181. [https://doi.org/10.3100/1043-4534\(2008\)13\[171:NSACIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3100/1043-4534(2008)13[171:NSACIT]2.0.CO;2)
- Taylor J. C., Lange-Bertalot H. 2006. *Eolimna archibaldii* spec. nov. and *Navigiolum adamantiforme* comb. nov. (Bacillariophyceae): two possibly endemic elements of the South African diatom flora tolerant to surface water pollution. *African Journal of Aquatic Science* 31(2): 175–183. <https://doi.org/10.2989/16085910609503889>
- Vodnye resursy Sverdlovskoi oblasti* [Water resources of the Sverdlovsk Region]. 2004. Ekaterinburg: 432 p. [*Водные ресурсы Свердловской области*. 2004. Екатеринбург: 432 с.].
- Wetzel C. E., Ector L., Van De Vijver B., Compère P., Mann D. G. 2015. Morphology, typification and critical analysis of some ecologically important small naviculoid species (Bacillariophyta). *Fottea, Olomouc* 15(2): 203–234. <https://doi.org/10.5507/fot.2015.020>
- Wetzel C. E., Martínez-Carreras N., Hlúbíková D., Hoffmann L., Pfister L., Ector L. 2013. New combinations and type analysis of *Chamaepinnularia* species (Bacillariophyceae) from aerial habitats. *Cryptogamie, Algologie* 34(2): 149–168. <https://doi.org/10.7872/crya.v34.iss2.2013.149>