Род *Synura* (*Synurales*, *Synurophyceae*) в малых городских реках Нижнего Новгорода

Е. С. Гусев[1], О. С. Перминова[2], Н. А. Старцева[2], А. Г. Охапкин[2]

[1] Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН,
ул. Ботаническая, д. 35, Москва, 127276, Россия; algogus@yandex.ru

[2] Нижегородский национальный исследовательский университет
им. Н. И. Лобачевского, пр. Гагарина, д. 23, Нижний Новгород, 603950, Россия

Резюме. Последние специализированные исследования видов рода *Synura* в России проводились в 1970-х годах. В последнее десятилетие было описано 14 новых видов рода *Synura*, и общее число валидных таксонов рода возросло до 49. На территории России к настоящему времени найдено 18 таксонов рода. Для более полного выявления таксономического разнообразия рода актуальна оценка водоемов, подверженных интенсивному антропогенному воздействию, в частности малых рек урбанизированных территорий. Настоящая работа посвящена исследованию видов рода *Synura* в составе фитопланктона четырех малых рек, расположенных в пределах Нижнего Новгорода: Левинка, Борзовка, Ржавка и Черная. Работы проводили в 2011, 2012, 2014, 2015 гг. Для изучения таксонов использовали сканирующую и трансмиссионную микроскопию. В результате исследований в фитопланктоне рек обнаружены 8 видов и одна форма рода *Synura*: *S. conopea*, *S. curtispina*, *S. echinulata*, *S. glabra*, *S. macropora*, *S. petersenii*, *S. spinosa* f. *spinosa*, *S. spinosa* f. *longispina*, *S. uvella*. В реке Черная были зафиксированы все найденные таксоны рода *Synura*, в остальных реках обнаружено по 5 таксонов. Вид *S. conopea* впервые отмечен на территории России. Наши исследования также позволили дополнить список таксонов рода *Synura* для флоры водохранилищ Средней Волги и их притоков следующими таксонами: *S. conopea*, *S. glabra*, *S. macropora*, *S. spinosa* f. *longispina*.

Ключевые слова: чешуйчатые золотистые водоросли, *Synura*, *Synura conopea*, электронная микроскопия, Нижний Новгород, городские реки, европейская часть России.

The genus *Synura* (*Synurales*, *Synurophyceae*) in small urban rivers of Nizhniy Novgorod

E. S. Gusev[1], O. S. Perminova[2], N. A. Startseva[2], A. G. Okhapkin[2]

[1] Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences,
Botanicheskaya Str., 35, Moscow, 127276, Russia; algogus@yandex.ru

[2] Lobachevsky State University of Nizhniy Novgorod, 23, Gagarina Ave., Nizhniy Novgorod, 603950, Russia

Abstract. The latest special studies of the genus *Synura* in Russia were conducted in the 1970s. In the last decade, 14 new species of the genus were described based on molecular and morphological data. The total number of valid taxa of the genus has increased to 49. Only 18 taxa of *Synura* are known in Russia up to date, and the diver-

sity of the genus on this huge territory is strongly underestimated. Previous studies of the genus were focused mainly on large lakes or reservoirs. To reveal a more complete flora, it is necessary to include other habitats into account. Small urban rivers can be prospective habitats for interesting taxa including synuralean algae. Our study focuses on the taxonomic composition of the genus *Synura* in four small rivers in Nizhniy Novgorod (European Russia): Chyornaya, Levinka, Borzovka and Rzhavka. All the rivers flow in the city and fall under strong anthropogenic impact. The genus *Synura* was studied by means of transmission and scanning electron microscopy during 2011, 2012, 2014, 2015. In total, eight species and one form of *Synura* have been found: *S. conopea*, *S. curtispina*, *S. echinulata*, *S. glabra*, *S. macropora*, *S. petersenii*, *S. spinosa* f. *spinosa*, *S. spinosa* f. *longispina*, *S. uvella*. All nine taxa were observed in the river Chyornaya. Five taxa were found in the rivers Levinka, Borzovka and Rzhavka. One species (*Synura conopea*) is a new record to the flora of Russia. It was found in all studied rivers. Four taxa (*S. conopea*, *S. glabra*, *S. macropora*, *S. spinosa* f. *longispina*) are new records to the Middle Volga river basin.

Keywords: silica-scaled chrysophytes, *Synura*, *Synura conopea*, SEM, TEM, Nizhniy Novgorod, urban rivers, European Russia.

Введение

Данные о составе и особенностях вегетации хризофитовых водорослей в России не очень обширны. Особый интерес вызывает группа чешуйчатых золотистых водорослей, что объясняется их слабой изученностью, поскольку идентификация видов на уровне световой микроскопии часто невозможна и требует использования электронной микроскопии. Синуровые водоросли (порядок *Synurales*, класс *Synurophyceae*) — преимущественно планктонные организмы, встречающиеся практически во всех пресноводных биотопах. К роду *Synura* Ehrenb. принадлежат колониальные свободноплавающие организмы. Колонии их более или менее округлые, состоят из 2–180 шаровидных до удлиненно-обратнояйцевидных клеток, соединенных оттянутыми задними концами (Balonov, 1976; Kristiansen, Preisig, 2007). Каждая клетка покрыта кремнеземными чешуйками, морфология которых является видоспецифичной. В последнее время на основании молекулярно-генетических и морфологических исследований было описано 14 новых видов рода *Synura* (Škaloud *et al.,* 2012, 2014; Siver, 2013; Pang, Wang 2013; Kapustin, Gusev, 2015; Jo *et al.,* 2016; Siver, Lott, 2016). Согласно последней работе по филогении рода *Synura*, к настоящему времени известно 49 валидных видов и внутривидовых таксонов рода *Synura* (Jo *et al.,* 2016).

Сведения о распространении видов рода *Synura* на территории России можно найти в ряде работ по изучению золотистых водорослей (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976, 1979; Kuzmin, Kuzmina, 1987; Siver *et al.,* 2005; Voloshko, 2010; Safronova, Voloshko, 2013;

Gusev, 2013; Safronova, 2014; и некоторые другие). К настоящему времени на территории России подтверждены электронно-микроскопическими и молекулярно-генетическими исследованиями 18 видов (Voloshko, Gavrilova, 2001; Siver *et al.,* 2005; Gusev *et al.,* 2016). Флора Европы включает 28 видовых и внутривидовых таксонов рода *Synura* (Škaloud *et al.,* 2013). Таким образом, можно утверждать, что в пределах России род *Synura* еще недостаточно изучен, причем основной аспект этих исследований касается водохранилищ и озер северных регионов страны. Для выявления истинного разнообразия видового состава рода актуальна оценка водоемов с сильно трансформированным водосбором, подверженных интенсивному загрязнению, например, малых рек урбанизированных территорий.

Цель настоящей работы — оценить видовое богатство представителей рода *Synura* в небольших по протяженности реках, подверженных интенсивному антропогенному воздействию и расположенных в пределах крупного промышленного центра — г. Нижнего Новгорода.

Материалы и методы

Синуровые водоросли исследовали при изучении общего фитопланктона четырех малых рек, расположенных в пределах Нижнего Новгорода: Левинка, Борзовка, Ржавка и Черная (табл. 1). Город расположен на месте слияния рек Оки и Волги. Климат умеренно континентальный, с продолжительной холодной зимой и сравнительно коротким теплым летом. Река Левинка — правый приток Волги, представляет собой 7 расширений (прудов), связанных протоками, течение в которых практически отсутствует. Образование таких прудов связано с сооружением транспортных и пешеходных переходов через реку или сплошным зарастанием отдельных участков русла водной растительностью. На первых двух станциях реки (56°18′59.35″N, 43°52′55.10″E и 56°20′16.61″N, 43°52′12.22″E соответственно) визуально наблюдали небольшое течение, рядом с точками отбора проб плотно расположена жилая застройка. Станция 3 (56°20′57.24″N, 43°52′37.20″E) представляет собой запруженный участок, где течение практически отсутствует. Река Борзовка является правым притоком реки Ржавки, которая впадает с левого берега в Оку. В настоящее время водосбор рек полностью застроен жилыми массивами, значительно развита сеть промышленных и бытовых коммуникаций. Станции отбора 1 (56°16′4.61″N, 43°55′30.98″E), 2 (56°16′29.03″N, 43°56′10.17″E) и 3 (56°16′58.56″N, 43°56′56.35″E) подвержены достаточно высокой антропогенной нагрузке: рядом расположена территория городского парка «Дубки», проходят автомобильная дорога и железнодорожное

полотно. В верхнем и среднем течении реки русло сравнительно широкое, в период летней межени визуально фиксируется течение. В низовье русло резко сужается и в летний сезон зачастую пересыхает. Вблизи находится строящийся жилой комплекс. Река Черная является правым притоком Волги. Водосбор реки в пределах жилой застройки изменен антропогенным воздействием. Все три станции отбора проб на этой реке расположены на территории частного сектора, где производится выгул скота, рядом расположен дачный комплекс. Координаты станций: ст. 1 — 56°23′41.71″N, 43°46′24.38″E, ст. 2 — 56°23′3.93″N, 43°50′14.84″E, ст. 3 — 56°22′26.16″N, 43°51′27.80″E. В нижнем течении в реку напрямую попадает сток производственных отходов крупного заводского комплекса, расположенного вблизи русла (Gelashvili *et al.,* 2005).

Таблица 1

Гидрографические и гидрохимические показатели рек (по: Gelashvili *et al.,* 2005). Значения pH и удельной электропроводности получены авторами статьи

Some characteristics of the studied rivers (Gelashvili *et al.*, 2005). Specific conductivity and pH were measured by authors

Характеристики Parameters	Реки / Rivers		
	Левинка Levinka	Борзовка-Ржавка Borzovka-Rzhavka	Черная Chyornaya
Площадь водосбора, км^2 Catchment area, km^2	11.6	48.9	61.2
Ширина русла, м / Width of riverbed, m: максимальная / maximal средняя / average	10–20 2–3	10–15 11	14 9
Длина реки, км River length, km	6.1	4.9	19
Скорость течения, м/с Current, m/s	0	0.02	0.2–1
Глубина, м / Depth, m: максимальная / maximal средняя / average	1.5–2.0 0.7	1 0.6	0.7–1 0.6
pH, ед.	6.6–7.1	6.8–7.4	6.3–6.7
Удельная электропроводность, мкСм/см Specific conductivity, μS/cm	280–464	–	370–440

Исследования проводили в вегетационные периоды 2011, 2012, 2014, 2015 гг. Отбор проб осуществляли в безледный период ежемесячно на трех станциях в каждой реке, расположенных в верхнем, среднем и нижнем течении (Левинка, Борзовка-Ржавка, Черная). Количественные пробы отбирали зачерпыванием с поверхностного горизонта воды емкостью объемом 0.5 л. Далее проводили фиксиро-

вание проб йодно-формалинным раствором и сгущение осадочным методом. Впоследствии объем каждой пробы доводили до 5 мл. Пробы воды для качественного анализа водорослей отбирали с помощью планктонной сети Апштейна. Собранный материал фиксировали йодно-формалинным раствором. Отмытые от фиксатора пробы прожигали в течение 12 ч при температуре 330 °C в сухожаровом шкафу. Затем на столики наносили напыление золотом в течение 10 мин. Исследование проводили в кабинете электронной микроскопии ИБВВ РАН на микроскопе JEOL6510 LV. Для изучения водорослей в трансмиссионном электронном микроскопе (JEM-100C) пробы прожигали в серной кислоте с бихроматом калия, отмывали в дистиллированной воде. Осадок помещали на сетки, покрытые формваровой пленкой (EMS FF200-Cu-50, Electron Microscopy Sciences).

Результаты и обсуждение

В результате исследований в фитопланктоне рек обнаружено 8 видов и одна форма рода *Synura*, из которых 1 вид (*S. conopea* Kynčlova et Ŝkaloud) — новый для флоры России. В р. Черная были зафиксированы все найденные таксоны рода *Synura*, остальные водотоки отличались меньшим видовым богатством.

Секция **Peterseniae** Petersen et Hansen ex Balonov et Kuzmin, 1974, Bot. Zhurn. 59(11): 1682.

Размеры передних чешуек и их структурных элементов у исследованных видов секции приведены в табл. 2.

Synura conopea Kynčlova et Ŝkaloud, 2012, in Ŝkaloud *et al.,* Phycologia, 51: 325. — Табл. I, *1–5*.

Клетки грушевидные, 20–28 мкм дл. и 2–12 мкм шир., целиком покрытые ланцетовидными чешуйками. Передние чешуйки (body scales), согласно протологу вида (Škaloud *et al.,* 2012), 3.3–4.1 мкм дл. и 1.4–1.9 мкм шир. Медиальный гребень обычно расширен к апикальной части чешуйки и часто заканчивается острием, в некоторых случаях заостренный конец может отсутствовать. Размер крупной поры в апикальной части 0.19–0.32 мкм, диаметр пор медиального гребня варьирует от 66 до 100 нм. Базальная пластинка орнаментирована порами среднего размера, 25–51 нм. Поперечные ребра в числе 24–30, обычно без перемычек (продольных ребер), однако при культивировании в обогащенной соединениями кремнезема среде они могут появляться. В исследованных нами популяциях наблюдался больший размах значений диаметра пор базальной пластинки, и в целом поры были крупнее, чем указано в диагнозе (табл. 2). Часто встречались продольные ребра (перемычки). Длина каудальной че-

шуйки (табл. I, *5*) была меньше длины передних чешуек, что хорошо отличает указанный вид от морфологически очень близкого таксона — *Synura americana* Kynčlová et Škaloud, у которого каудальные чешуйки длиннее передних.

Нами отмечен во всех изученных реках. Это первая находка вида на территории России.

Найден в водоемах Чехии, Аргентины, Бразилии, Гренландии и Ирландии (Škaloud *et al.,* 2012).

Таблица 2

Размеры передних чешуек и их структурных элементов у найденных таксонов рода *Synura*, секция *Peterseniae*, из рек Нижнего Новгорода

Sizes of the body scales and secondary silica structures on the scale surface in *Synura* section *Peterseniae* taxa found in Nizhniy Novgorod rivers

Показатель Character	*Synura conopea*	*Synura glabra*	*Synura macropora*	*Synura petersenii*
Длина чешуйки, мкм Scale length, µm	2.6–3.3	2.6–3.0	2.4–2.8	2.8–3.6
Ширина чешуйки, мкм Scale width, µm	1.5–1.8	1.6–1.9	1.6–1.7	1.4–2.1
Диаметр отверстия базальной пластинки в апикальной части, мкм Base hole diameter, µm	0.24–0.36	0.22–0.42	0.23–0.37	0.15–0.30
Диаметр пор базальной пластинки, нм Diameter of base-plate pore, nm	30–57	19–34	50–79	19–34
Диаметр пор медиального гребня, нм Keel pore diameter, nm	57–122	45–100	82–101	38–80
Количество поперечных ребер Number of struts	20–25	18–20	16–17	25–32
Отношение длины чешуйки к ширине чешуйки Scale length to scale width ratio	1.7–1.9	1.4–1.7	1.5–1.6	1.5–2.0
Отношение ширины чешуйки к ширине медиального гребня Scale width to keel width ratio	2.5–3.1	3.3–4.1	2.8–3.5	2.7–4.2

Synura glabra Korshikov, 1929, Arch. Protistenk. 67: 285; emend. Škaloud et Kynčlová in Ŝkaloud *et al.,* 2012, Phycologia, 51: 321. — Табл. I, *9, 10*.

Клетки сферические до грушевидных, 19–28 мкм дл., 10–14 мкм шир., в колонии сгруппированы очень тесно. Передние чешуйки, согласно расширенному описанию вида, овальные до почти сферических, 2.4–3.4 мкм дл., 1.5–2.4 мкм шир. Медиальный гребень обычно

очень узкий, орнаментирован порами среднего размера, 66–100 нм в диам. Базальная пластинка орнаментирована порами диаметром 29–40 нм. Диаметр поры в апикальной части базальной пластинки 0.14–0.32 мкм. Поперечные ребра редуцированы или отсутствуют, никогда не пересекаются продольными перегородками, число их варьирует от 17 до 22. Чешуйки водорослей из рек Нижнего Новгорода отличались немного меньшим диаметром пор базальной пластинки и диаметром пор медиального гребня.

Нами отмечен во всех изученных реках. Широко распространенный таксон. Предыдущие указания вида в России (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976; Kuzmin, Kuzmina, 1987; Voloshko, 2010), судя по изображениям чешуек, по всей видимости, представляют собой *S. macropora*.

Synura macropora Škaloud et Kynčlová, 2012, in Ŝkaloud *et al.,* Phycologia, 51: 325. — Табл. I, *11, 12*.

Клетки грушевидные, 18–25 мкм дл., 8–12 мкм шир. Передние чешуйки, согласно протологу вида, округлые, 2.6–3.5 мкм дл., 1.5–2.2 мкм шир. Медиальный гребень заканчивается острием, орнаментирован большими порами 85–137 нм в диам. Базальная пластинка орнаментирована отчетливыми, большими порами 53–77 нм в диам. Диаметр поры в апикальной части базальной пластинки 0.16–0.33 мкм. Поперечные ребра могут быть короткими или вовсе отсутствовать, число их может достигать 21, продольные ребра никогда не встречаются.

Нами отмечен в реках Левинка и Черная.

Молекулярно-генетические исследования вида проведены в Чехии (Škaloud *et al.,* 2012) и России, в том числе при исследовании штаммов из р. Черная (Gusev *et al.,* 2016). Чешуйки, отнесенные к данному таксону, известны из Бразилии, Германии и Дании (Škaloud *et al.,* 2012). Ранее чешуйки данного таксона отмечены для водоемов России под названием *Synura petersenii* f. *glabra* (Korshikov) Kristiansen et Preisig (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976; Kuzmin, Kuzmina, 1987; Voloshko, 2010).

Synura petersenii Korshikov, 1929, Arch. Protistenk. 67: 283; emend. Škaloud et Kynčlová in Ŝkaloud *et al.,* 2012, Phycologia, 51: 319. — Табл. I, *13, 14*.

Клетки грушевидные, 20–31 мкм дл., 8–12 мкм шир., полностью покрыты ланцетовидными чешуйками. Передние чешуйки удлиненные, 3.6–4.6 мкм дл., 1.8–2.3 мкм шир. Цилиндрический медиальный гребень часто заканчивается острием, орнаментирован мелкими порами 45–71 нм в диам. Базальная пластинка орнаментирована много-

численными мелкими порами 19–30 нм в диам. Диаметр поры в апикальной части базальной пластинки 0.24–0.36 мкм. Многочисленные поперечные ребра (26–34) часто соединяются продольными ребрами (Škaloud *et al.,* 2012), их число сильно варьирует.

Нами отмечен во всех изученных реках. Ранее молекулярно-генетический анализ штаммов из коллекции живых водорослей ИБВВ РАН подтвердил присутствие этого вида в р. Черная (г. Нижний Новгород), а также в Рыбинском водохранилище, болотных водоемах Ярославской и Владимирской областей (Gusev *et al.,* 2016).

Вид относится к широко распространенным таксонам и найден во многих регионах мира (Škaloud *et al.,* 2012). Ранее было описано несколько форм. Молекулярно-генетические и морфологические исследования позволили уточнить диагноз вида, при этом часть форм была включена в синонимы, а часть — описаны как новые виды (Škaloud *et al.,* 2012). Находки на территории России нуждаются в дополнительной проверке во избежание путаницы с другими недавно описанными видами комплекса *S. petersenii*.

Секция **Curtispinae** Jo, Kim, Shin, Škaloud et Siver, 2016, Eur. J. Phycol., 51: 427.

Synura curtispina (Petersen et Hansen) Asmund, 1968, Hydrobiologia, 31: 506. — Табл. I, *6, 7*.

Передние чешуйки, согласно уточненному диагнозу (Kristiansen, Preisig, 2007), яйцевидные, 3.0–4.3 мкм дл., 1.3–3.1 мкм шир., с коротким и толстым шипом до 2.4 мкм дл. и 2–3 зубцами. Дистальная часть чешуйки покрыта сетчатой (сотообразной) структурой, в центре каждой ячейки находится пора. От сотообразной структуры к апикальной кромке чешуйки отходят ребра, между которыми располагаются поры. Поры на базальной пластинке крупные, окруженные утолщенным ободком.

Нами найден в реках Черная, Борзовка и Ржавка.

Широко распространенный вид. В России известен из озер Большеземельской тундры (Siver *et al.,* 2005), водоемов Полярного Урала (Voloshko, 2010), Камского водохранилища (Balonov, 1976) и водоемов Северо-Запада России (Safronova, Voloshko, 2013; Safronova, 2014).

Synura echinulata Korshikov, 1929, Arch. Protistenk. 67: 282. — Табл. I, *8*.

Передние чешуйки панциря, согласно уточненному диагнозу (Kristiansen, Preisig, 2007), эллипсоидные или овальные, 3.0–3.4 мкм дл., 2.3–2.6 мкм шир., с хорошо выраженной областью червеобразно извитых гребней. Шип острый, 1.0–2.0 мкм дл., 0.4–0.6 мкм толщ., в

основании с порой 0.2–0.25 мкм в диам. Базальная пластинка мелко перфорирована.

Найден в реках Черная, Левинка, Борзовка и Ржавка.

В России этот широко распространенный вид отмечался в северных районах (Balonov, 1979; Kuzmin, Kuzmina, 1987, Kristiansen *et al.,* 1997; Siver *et al.,* 2005; Voloshko, 2010; Safronova, Voloshko, 2013) и в бассейне р. Волга (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976).

Synura spinosa Korshikov, 1929, Arch. Protistenk. 67: 281.

f. **spinosa.** — Табл. II, *1, 2*.

Передние чешуйки панциря, согласно уточненному диагнозу (Kristiansen, Preisig, 2007), эллиптические, 3.7–5.2 × 2.3–3.8 мкм, с хорошо развитым шипом, 2.8–5.0 мкм дл., заканчивающимся 2 зубцами. Базальная пластинка с равномерно расположенными округлыми порами. Дистальная часть покрыта сотообразной структурой, ячейки которой обычно не содержат пор. От сотообразной структуры к апикальной кромке отходят ребра, между которыми отсутствуют поры. У типовой формы длина шипа короче длины чешуйки.

Форма найдена нами только в р. Черная.

Широко распространенный в России вид, указан в большинстве работ, посвященных изучению водорослей, покрытых кремнеземными чешуйками (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976; Balonov, 1979; Balonov, Kuzmina, 1986; Siver *et al.,* 2005; Voloshko, 2010; Safronova, Voloshko, 2013; и некоторые другие).

f. **longispina** Petersen et Hansen, 1956, Biol. Meddel. Kongel. Danske Vidensk. Selsk. 23(2): 22, 26. — Табл. II, *3–5*.

Форма отличается от типа только длиной шипа, которая превышает длину чешуйки, при этом обычны переходы между типами чешуек указанных форм *S. spinosa* (Kristiansen, Preisig, 2007).

Форма найдена нами только в р. Черная.

В России указана для бассейна р. Волга (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976) и водоемов Полярного Урала (Voloshko, 2010).

Секция **Synura.**

Synura uvella Ehrenb., 1834, Abh. Königl. Akad. Wiss. Berlin, 1833: 315; emend. Korshikov, 1929, Arch. Protistenk. 67: 279. — Табл. II, *6, 7*.

Передние чешуйки панциря широкоэллиптические до округлых, 4.3–5.0 × 4.6–5.0 мкм. Шип очень толстый, конический, тупой, с 3–5 зубцами. Дистальная часть чешуйки покрыта грубой сетчатой структурой, каждая ячейка содержит пору. Базальная пластинка грубо перфорирована. Базальный загнутый край очень широкий, часто продолжающийся до дистального конца чешуйки.

Нами найден только в р. Черная.

Широко распространенный вид, в России известен для волжского бассейна (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976), Карелии (Balonov, 1979), Большеземельской тундры (Siver *et al.,* 2005), Полярного Урала (Voloshko, 2010), Северо-Запада европейской части России (Voloshko, Gavrilova, 2001, Safronova, Voloshko, 2013; Safronova, 2014), карстовых озер Владимирской обл. (Gusev 2013).

Исследования фитопланктона Средней Волги и ее притоков велись с начала XX века. В работах Павлиновой (Pavlinova, 1930), Коршикова (Korshikov, 1939), Есыревой (Esyreva, 1935, 1945) отмечены *Synura uvella*, *S. echinulata*, *S. petersenii*. Для Горьковского водохранилища ранее были указаны *S. uvella*, *S. sphagnicola* (Korshikov) Korshikov и *S. splendida* Korshikov (Okhapkin *et al.,* 1997). В последней обобщающей работе по фитопланктону р. Волги для Чебоксарского водохранилища приведен только *Synura splendida*, а для Куйбышевского — *S. uvella*, *S. petersenii* и *S. spinosa* (Korneva, 2015). Для притоков Волги в рассматриваемом регионе — рек Оки и Керженца — указаны *Synura uvella*, *S. petersenii*, *S. spinosa* (Balonov, 1976).

Детальным изучением видов из рода *Synura* в бассейне р. Волги занимались Балонов и Кузьмин (Balonov, Kuzmin, 1974; Balonov, 1976). Исследователи выявили, с учетом современных представлений о систематике рода, 15 видовых и внутривидовых таксонов рода *Synura*, из которых 3 таксона были описаны как новые для науки (*Synura biseriata* Balonov, *S. punctulosa* Balonov), а один [*S. multidentata* (Balonov et Kuzmin) Péterfi et Momeu] возведен в ранг вида из формы (*S. echinulata* f. *multidentata* Balonov et Kuzmin). Корнева (Korneva, 2015) указывает для р. Волги 17 таксонов из рода *Synura*, из которых *S. adamsii* (G. M. Smith) Nygaard является сомнительным видом, а *S. lapponica* Skuja переведена в род *Neotessella* Jo, Kim, Shin, Škaloud et Siver (Jo *et al.,* 2016).

Наши исследования позволили дополнить список таксонов рода *Synura* для флоры России видом *S. conopea*, а для водохранилищ Средней Волги и их притоков следующими таксонами: *S. conopea*, *S. glabra*, *S.macropora*, *S. spinosa* f. *longispina*.

Благодарности

Авторы благодарят сотрудников кабинета электронной микроскопии ИБВВ РАН С. И. Метелёва и Г. Быкова за помощь в подготовке проб и работе на электронных микроскопах. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-04-04181а.

Литература

Asmund B. 1968. Studies on Chrysophyceae from some ponds and lakes in Alaska VI. Occurrence of Synura species. *Hydrobiologia.* 31(3–4): 497–515. http://dx.doi.org/10.1007/bf00134451

[Balonov] Балонов И. М. 1976. Род Synura Ehr. (Chrysophyta): биология, экология, систематика. *Биология, морфология и систематика водных организмов.* Л.: 61–81.

[Balonov] Балонов И. М. 1979. Золотистые водоросли сем. Synuraceae Lemm. водоемов Карелии. *Труды Инст. биол. внутренн. вод Акад. наук СССР.* 42(45): 1–26.

[Balonov, Kuzmin] Балонов И. М., Кузьмин Г. В. 1974. Виды рода Synura Ehr. (Chrysophyta) в водохранилищах Волжского каскада. *Бот. журн.* 59(11): 1675–1686.

[Balonov, Kuzmina] Балонов И. М., Кузьмина А. Е. 1986. Золотистые водоросли. *Гидрохимические и гидробиологические исследования Хантайского водохранилища*. Новосибирск: 59–70.

[Esyreva] Есырева В. И. 1935. Фитопланктон Волги по наблюдениям 1931 года против г. Горького. *Учен. зап. Горьковск. унив.* 4: 83–119.

[Esyreva] Есырева В. И. 1945. Флора водорослей р. Волги от Рыбинска до г. Горького. *Труды Бот. сада Московск. госуд. унив.* Кн. 5, вып. 82: 10–90.

[Gelashvili *et al.*] Гелашвили Д. Б., Охапкин А. Г., Доронина А. И., Колкутин В. И., Иванов Е. Ф. 2005. *Экологическое состояние водных объектов Нижнего Новгорода*. Нижний Новгород: 414 с.

Gusev E. S. 2013. Silica-scaled chrysophytes from karst lakes in Central Russia. *Nova Hedwigia Beih*. 142: 17–25.

[Gusev *et al*.] Гусев Е. С., Капустин Д. А., Мартыненко Н. А. 2016. Морфологическое и молекулярно-генетическое изучение видов рода Synura Ehrenb. (Chrysophyceae) из коллекции ИБВВ РАН. *Молекулярная генетика гидробионтов. Труды Инст. биол. внутренн. вод Российск. акад. наук.* 73(76): 5–11.

Jo B. Y., Kim J. I., Škaloud P., Siver P. A., Shin W. 2016. Multigene phylogeny of Synura (Synurophyceae) and descriptions of four new species based on morphological and DNA evidence. *Eur. J. Phycol*. 51: 413–430.

Kapustin D. A., Gusev E. S. 2015. Synura korshikovii sp. nov. (Chrysophyceae, Synurales), a new species from Ukraine. *Phytotaxa*. 233(2): 185–190. http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.233.2.6

[Korneva] Корнева Л. Г. 2015. *Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги*. Кострома: 284 с.

Korshikov A. A. 1929. Studies on the Chrysomonads. I. *Arch. Protistenk.* 67: 253–290.

[Korshikov] Коршиков А. А. 1939. Материалы к познанию водорослей Горьковской области. Фитопланктон р. Оки в августе 1932 года. *Учен. зап. Горьков. унив.* 9: 101–127.

Kristiansen J., Preisig H. R. 2007. Chrysophyte and Haptophyte Algae. Part 2: Synurophyceae. *Süsswasserflora von Mitteleuropa. Vol. 1/2*. Berlin: 252 p.

Kristiansen J., Düwel L., Wegeberg S. 1997. Silica-scaled chrysophytes from the Taymyr Peninsula, Northern Siberia. *Nova Hedwigia*. 65: 337–351.

[Kuzmin, Kuzmina] Кузьмин Г. В., Кузьмина В. А. 1987. Панцирные представители золотистых водорослей из Магаданской области. *Новости сист. низш. раст*. 24: 40–42.

[Okhapkin *et al*.] Охапкин А. Г., Микульчик И. А., Корнева Л. Г., Минеева Н. М. 1997. *Фитопланктон Горьковского водохранилища*. Тольятти: 224 с.

Pang W., Wang Q. 2013. A new species, Synura morusimila sp. nov. (Chrysophyta), from Great Xing'an Mountains, China. *Phytotaxa.* 88: 55–60.

[Pavlinova] Павлинова Р. М. 1930. Биологическое обследование р. Волги в районе от г. Городца до Собчинского затона в 1926–1927 гг. *Труды Инст. сооружений Центр. комитета водоохранения.* 11: 3–164.

Petersen J. B., Hansen J. B. 1956. On the scales of some Synura species. *Biol. Meddel. Kongel. Danske Vidensk. Selsk*. 23(2): 1–27.

[Safronova] Сафронова Т. В. 2014. Сезонные изменения состава золотистых водорослей (Chrysophyceae, Synurophyceae) в прудах Ботанического сада БИН РАН (Санкт-Петербург). *Бот. журн*. 99(4): 443–458.

Safronova T. V., Voloshko L. N. 2013. Silica-scaled chrysophytes in the waterbodies of protected areas of the North-West of Russia. *Nova Hedwigia Beih.* 142: 97–115.

Škaloud P., Kynčlová A., Benada O., Kofroňová O., Škaloudová M. 2012. Toward a revision of the genus Synura, section Peterseniana e (Synurophyceae, Heterokontophyta): morphological characterization of six pseudo-cryptic species. *Phycologia*. 51: 303–329.

Škaloud P., Škaloudová M., Pichrtová M., Němcová Y., Kreidlová J., Pusztai M. 2013. www.chrysophytes.eu — a database on distribution and ecology of silica-scaled chrysophytes in Europe. *Nova Hedwigia Beih.* 142: 141–146.

Škaloud P., Škaloudová M., Procházková A., Němcová Y. 2014. Morphological delineation and distribution patterns of four newly described species within the Synura petersenii species complex (Chrysophyceae, Stramenopiles). *Eur. J. Phycol.* 49(2): 213–229. http://dx.doi.org/10.1080/09670262.2014.905710

Siver P. A. 2013. Synura cronbergiae sp. nov., a new species described from two Paleogene maar lakes in northern Canada. *Nova Hedwigia.* 97: 179–187.

Siver P. A., Lott A. M. 2016. Descriptions of two new species of Synurophyceae from a bog in Newfoundland, Canada: Mallomonas baskettii sp. nov. and Synura kristiansenii sp. nov. *Nova Hedwigia.* 102: 501–511.

Siver P. A., Voloshko L. N., Gavrilova O. V., Getsen M. V. 2005. The scaled chrysophyte flora of the Bolshezemelskaya tundra (Russia). *Nova Hedwigia Beih.* 128: 125–150.

Voloshko L. N. 2010. The chrysophycean algae from glacial lakes of Polar Ural (Russia). *Nova Hedwigia Beih.* 136: 191–211.

Voloshko L. N., Gavrilova O. V. 2001. A checklist of silica-scaled chrysophytes in Russia with an emphasis on the flora of Lake Ladoga. *Nova Hedwigia Beih.* 122: 147–167.

References

Asmund B. 1968. Studies on Chrysophyceae from some ponds and lakes in Alaska VI. Occurrence of *Synura* species. *Hydrobiologia.* 31(3–4): 497–515.

Balonov I. M. 1976. Genus *Synura* Ehr. (Chrysophyta): biology, ecology and systematics. *Biologiya, morphologiya i sistematika vodnykh organizmov* [Biology, morphology and systematics of aquatic plants]. Leningrad: 61–81. (In Russ.).

Balonov I. M. 1979. Chrysophyta, fam. Synuraceae Lemm., from the waterbodies in Karelia. *Trudy Inst. Biol. Vnutrenn. Vod Akad. Nauk SSSR*. 42(45): 1–26. (In Russ.).

Balonov I. M., Kuzmin G. V. 1974. Species of the genus *Synura* Ehr. (Chrysophyta) in water reservoirs of the Volga cascade. *Bot. Zhurn*. 59(11): 1675–1686. (In Russ.).

Balonov I. M., Kuzmina A. E. 1986. Chrysophyta. *Gidrohimicheskie i gidrobiologicheskie issledovaniya Khantayskogo vodokhranilishcha* [Hydrochemical and hydrobiological studies of Khantay Reservoir]. Novosibirsk: 59–70. (In Russ.).

Esyreva V. I. 1935. Phytoplankton in the Volga River in 1931 in Gorky. *Uchen. Zap. Gorkovsk. Univ.* 4: 83–119. (In Russ.).

Esyreva V. I. 1945. Algal flora of the Volga River from Rybinsk to Gorky. *Trudy Bot. sada Moskovsk. Gosud. Univ.* 82: 10–90. (In Russ.).

Gelashvili D. B. Okhapkin A. G., Doronina A. I., Kolkutin V. I., Ivanov E. F. 2005. *Ecological condition of waterbodies in Nizhniy Novgorod*. Nizhniy Novgorod: 414 p. (In Russ.).

Gusev E. S. 2013. Silica-scaled chrysophytes from karst lakes in Central Russia. *Nova Hedwigia Beih*. 142: 17–25.

Gusev E. S., Kapustin D. A., Martynenko N. A. 2016. Morphological and molecular studies of the genus Sunura Ehrenb. (Chrysophyceae) from the algae culture collection of IBIW RAS. *Trudy Inst. Bioli Vnutrenn. Vod RAN.* 73(76): 5–11. (In Russ.).

Jo B. Y., Kim J. I., Škaloud P., Siver P. A., Shin W. 2016. Multigene phylogeny of Synura (Synurophyceae) and descriptions of four new species based on morphological and DNA evidence. *Eur. J. Phycol*. 51: 413–430. doi: 10.1080/09670262.2016.1201700

Kapustin D. A., Gusev E. S. 2015. Synura korshikovii sp. nov. (Chrysophyceae, Synurales), a new species from Ukraine. *Phytotaxa*. 233(2): 185–190.

Korneva L. G. 2015. *Phytoplankton of Volga River basin reservoirs*. Kostroma: 284 p. (In Russ.).

Korshikov A. A. 1929. Studies on the Chrysomonads. I. *Arch. Protistenk.* 67: 253–290.

Korshikov A. A. 1939. Materials on the algal flora of Gorkovskaya oblast. Phytoplankton of the Oka River in August 1932. *Uchen. Zap. Gorkovsk. Univ.* 9: 101–127. (In Russ.).

Kristiansen J., Preisig H. R. 2007. Chrysophyte and haptophyte algae. Part 2: Synurophyceae. *Süsswasserflora von Mitteleuropa. Vol. 1/2*. Berlin: 252 p.

Kristiansen J., Düwel L., Wegeberg S. 1997. Silica-scaled chrysophytes from the Taymyr Peninsula, Northern Siberia. *Nova Hedwigia*. 65: 337–351.

Kuzmin G. V., Kuzmina V. A. 1987. Chrysophyta frustulatae prov. Magadan. *Novosti Sist. Nizsh. Rast*. 24: 40–42. (In Russ.).

Okhapkin A. G., Mikulchik I. A., Korneva L. G., Mineeva N. M. 1997. *Fitoplankton Gorkovskogo vodokhranilishcha* [Phytoplankton from the Gorkiy Reservoir]. Tolyatti: 224 p.

Pang W., Wang Q. 2013. A new species, Synura morusimila sp. nov. (Chrysophyta), from Great Xing'an Mountains, China. *Phytotaxa*. 88: 55–60.

Pavlinova R. M. 1930. Biological studies of the Volga River from Gorodets to Sobchinsk in 1926–1927. *Trudy Inst. sooruzheniy Tsentr. komiteta vodoohraneniya.* 11: 3–164.

Petersen J. B., Hansen J. B. 1956. On the scales of some Synura species. *Biol. Meddel. Kongel. Danske Vidensk. Selsk*. 23(2): 1–27.

Safronova T. V. 2014. Seasonal changes of taxonomic composition of chrysophycean algae (Chrysophyceae, Synurophyceae) in the ponds of the Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (St. Petersburg). *Bot. Zhurn.* 99: 443–458. (In Russ.).

Safronova T. V., Voloshko L. N. 2013. Silica-scaled chrysophytes in the waterbodies of protected areas of the North-West of Russia. *Nova Hedwigia Beih.* 142: 97–115.

Škaloud P., Kynčlová A., Benada O., Kofroňová O., Škaloudová M. 2012. Toward a revision of the genus Synura, section Petersenianae (Synurophyceae, Heterokontophyta): morphological characterization of six pseudo-cryptic species. *Phycologia.* 51: 303–329.

Škaloud P., Škaloudová M., Pichrtová M., Němcová Y., Kreidlová J., Pusztai M. 2013. www.chrysophytes.eu – a database on distribution and ecology of silica-scaled chrysophytes in Europe. *Nova Hedwigia Beih.* 142: 141–146.

Škaloud P., Škaloudová M., Procházková A., Němcová Y. 2014. Morphological delineation and distribution patterns of four newly described species within the Synura petersenii species complex (Chrysophyceae, Stramenopiles). *Eur. J. Phycol.* 49 (2): 213–229.

Siver P. A. 2013. Synura cronbergiae sp. nov., a new species described from two Paleogene maar lakes in northern Canada. *Nova Hedwigia.* 97: 179–187.

Siver P. A., Lott A. M. 2016. Descriptions of two new species of Synurophyceae from a bog in Newfoundland, Canada: Mallomonas baskettii sp. nov. and Synura kristiansenii sp. nov. *Nova Hedwigia.* 102: 501–511.

Siver P. A., Voloshko L. N., Gavrilova O. V., Getsen M. V. 2005. The scaled chrysophyte flora of the Bolshezemelskaya tundra (Russia). *Nova Hedwigia Beih.* 128: 125–150.

Voloshko L. N. 2010. The chrysophycean algae from glacial lakes of Polar Ural (Russia). *Nova Hedwigia Beih.* 136: 191–211.

Voloshko L. N., Gavrilova O. V. 2001. A checklist of silica-scaled chrysophytes in Russia with an emphasis on the flora of Lake Ladoga. *Nova Hedwigia Beih.* 122: 147–167.

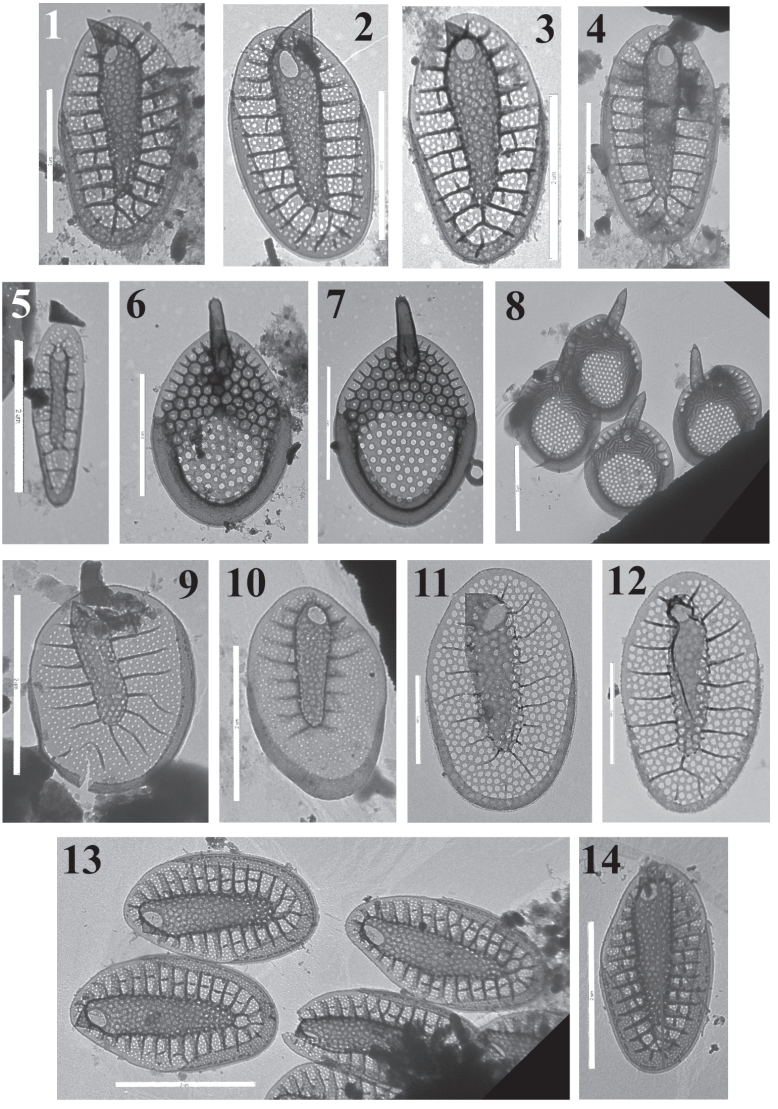

Таблица I. Чешуйки таксонов рода *Synura*.

1–5 — S. conopea; *6, 7 — S. curtispina*; *8 — S. echinulata*; *9, 10 — S. glabra*; *11, 12 — S. macropora*; *13, 14 — S. petersenii*. Масштабные линейки: *1–10, 13, 14* — 2 мкм; *11, 12* — 1 мкм.

Scales of *Synura* taxa.

1–5 — S. conopea; *6, 7 — S. curtispina*; *8 — S. echinulata*; *9, 10 — S. glabra*; *11, 12 — S. macropora*; *13, 14 — S. petersenii*. Scale bars: *1–10, 13, 14* — 2 µm; *11, 12* — 1 µm.

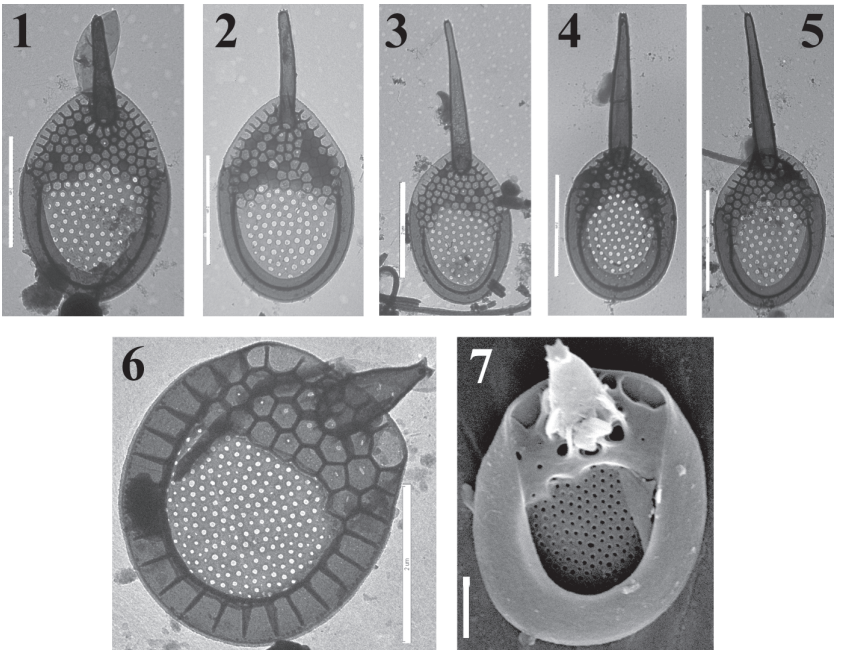

Таблица II. Чешуйки таксонов рода *Synura.*

1, 2 — *S. spinosa*; *3–5* — *S. spinosa* f. *longispina*; *6, 7* — *S. uvella*. Масштабные линейки: *1–6* — 2 мкм; *7* — 1 мкм.

Scales of *Synura* taxa.

1, 2 — *S. spinosa*; *3–5* — *S. spinosa* f. *longispina*; *6, 7* — *S. uvella*. Scale bars: *1–6* — 2 μm; *7* — 1 μm.