

## НОВЫЕ ВИДЫ РОДА *SYNURA* СЕКЦИИ *SYNURA* (CHRYSORHYZEAE, SYNURALES, SYNURACEAE) В ВОДОЕМАХ ЮЖНОГО УРАЛА

© 2021 г. Л. В. Снитъко<sup>1,\*</sup>, Т. В. Сафронова<sup>2</sup>, И. А. Блинов<sup>1</sup>, В. П. Снитъко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский ФНЦ минералогии и геоэкологии УрО РАН  
Миасс, Челябинская обл., 456317, Россия

<sup>2</sup> Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН  
ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376, Россия

\*e-mail: lvs223@yandex.ru

Поступила в редакцию 31.01.2021 г.

После доработки 13.08.2021 г.

Принята к публикации 24.08.2021 г.

Представлены данные о 6 видах типовой секции рода *Synura* (*S. echinulata*, *S. mammosa*, *S. mollispina*, *S. punctulosa*, *S. spinosa* и *S. uvella*), впервые обнаруженных в пресноводных местообитаниях горно-лесной зоны восточных предгорий Южного Урала и степного Зауралья в пределах Челябинской области и Оренбуржья. Идентификация видов проведена в результате морфометрического анализа кремнистых чешуек, выполненного с применением сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии. Описания видов дополнены сведениями о местонахождении, распространении и экологии, иллюстрированы электронными микрофотографиями, включающими детали строения кремнистых покровов клеток.

**Ключевые слова:** *Synura*, таксономия, морфология, биогеография, экология, Южный Урал

**DOI:** 10.31857/S0006813621110107

Колониальные свободно плавающие золотистые водоросли рода *Synura* Ehrenberg вносят заметный вклад в состав фитопланктона большинства пресноводных водоемов мира (Ballonov, 1976; Kristiansen, Preisig, 2007; Škaloud et al., 2013) и часто доминируют в планктонных сообществах в холодноводный безледный период и подо льдом водоемов Южного Урала (Snit'ko et al., 2016; Snit'ko, Voloshko, 2017). Клетки удлиненно-округлой формы покрыты кремнистыми чешуйками различного морфологического строения. Известно более 40 таксонов рода *Synura* (Ballonov, 1976; Siver, Wujek, 1993, 1999; Siver, Lott, 2004; Němcová et al., 2008; Škaloud et al., 2012, 2014, 2020; Kapustin, Gusev, 2015).

Находки представителей *Synura* секции *Synura* Ballonov, Kuzmin, 1974 (sect. *Spinosa* Petersen et Hansen, 1956) на территории России, основанные на данных электронной микроскопии приведены в работах, посвященных исследованию флоры золотистых водорослей в водоемах Севера России (Voloshko, 2010, 2012, 2017; Safronova, 2012), Восточной Сибири (Firsova et al., 2015; Bessudova, 2018), Верхней и Средней Волги (Gusev et al., 2016, 2017).

В настоящей работе приведены результаты многолетних флористических исследований, в

ходе которых выявлено 6 таксонов типовой секции рода *Synura*, приведены их описания и распространение в водоемах Южного Урала в горно-лесной, лесной, лесостепной и степной зонах.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Обследованные водоемы расположены близ границ водоразделов трех крупнейших речных бассейнов: Обского или бассейна Северного Ледовитого океана в части Тоболо-Исетского речного бассейна, Волго-Камского и бассейна р. Урал. Обследованные озера и реки находятся на территории центральных водораздельных хребтов Южного Урала и в восточных предгорьях лесной, лесостепной и степной природных зон Южного Урала в пределах Челябинской и Оренбургской областей. Были обследованы реки и небольшие слабопроточные мелководные озера, водохранилища, пруды, расположенные в диапазоне высот 262–469 м над ур. м. Ледостав в обследованных водоемах наступает в конце октября или начале ноября, сход льда отмечен в начале мая. В начале подледного периода и весной лед был слабо покрыт снегом, отмечались многочисленные открытые участки льда, что способствовало хорошей освещенности толщи воды.

Пробы планктона отбирали планктонной сетью с ячейей 14 мкм в диам. в 2015–2020 гг. в небольших озерах, водохранилищах и реках Южного Урала (рис. 1, табл. 1). Пробы отбирали круглогодично, большое внимание уделяли холодноводным периодам: подледному и весеннему, сразу после таяния льда в апреле–мае. Собранные пробы фиксировали формалином (2%), часть проб доставляли в лабораторию живыми. В местах сбора проб измеряли температуру воды, водородный показатель (рН), электропроводность (УЭП), также проводили отбор гидрохимических проб на отдельные показатели. Цветность воды колебалась в различные сезоны от 19° до 87° по Pt–Co шкале, значения рН изменялись в диапазоне 6.1–7.7, обследованные водоемы лесной природно-географической зоны характеризовались более низкими показателями УЭП 21–242  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Водоемы степной зоны имели более высокие значения УЭП 180–490  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (табл. 1).

Изучение общей морфологии клеток производили в живых пробах с применением светового микроскопа Nikon Eclipse E600 с использованием объективов Nikon 60 $\times$ , 40 $\times$ , 10 $\times$ . Исследование кремниевых чешуек и шипов, составляющих панцирь клетки, проводили при помощи сканирующего (Tescan Vega 3SBU при увеличении 2–20 $\times 10^3$ ) и трансмиссионного (Hitachi-H600 при увеличении 1–18  $\times 10^3$ ) электронных микроскопов. Для изучения объектов в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ), аликвоту сгущенного планктона наносили на токопроводящий скотч и высушивали, напыление золотом производили с помощью ионно-плазменного напылителя Quorum Q150R ES. Для изучения объектов в трансмиссионном электронном микроскопе (ТЭМ) на металлические сеточки “Mesh–200”, предварительно обезжиренные в спирте, наносили пленку-подложку, которую готовили из 0.25% раствора формвара в дихлорэтаноле. На каждую сеточку с подложкой наносили 20–30 мкл пробы, затем сеточки высушивали в течение 6 часов в чашках Петри. После высыхания на сеточки наносили 20–30 мкл дистиллированной воды, сеточку переворачивали материалом вниз, для отмывки образцов от крупных частиц грязи, далее сеточки высушивали на фильтровальной бумаге, после чего просматривали в ТЭМ.

Исследования некоторых гидрохимических показателей и СЭМ выполнены на базе Южно-Уральского центра коллективного пользования по исследованию минерального сырья (аттестат аккредитации № РОСС RU.001.514536). ТЭМ снимки сделаны на оборудовании отделения ТЭМ ЦКП БИН РАН.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По материалам, собранным в озерах, реках и водохранилищах Южного Урала за период 2015–2020 гг. идентифицировано 6 видов хризифитовых водорослей рода *Synura* секции *Synura*. Виды этой секции представляют собой автотрофные пресноводные колониальные жгутиконосцы. Колонии могут быть круглой формы и состоять как из небольшого количества клеток 8–10 (*S. echinulata*, *S. mammilosa*), так и из 30–40 клеток. У некоторых видов наблюдали преимущественно вытянутую форму колоний (*S. spinosa*), состоящую из 40–50 клеток. Встречены колонии *S. spinosa* из более 400 клеток (рис. 3е, справа).

Клетки представителей секции *Synura* покрыты кремнистыми чешуйками с дистальным шипом, в отличие от видов секции *Petersenianae*, у которых чешуйки имеют медианный гребень. У каудальных чешуек шип отсутствует. Внутри секции идентификация видов и внутривидовых таксонов основана на размерах и форме чешуек и шипа, на структуре базальной пластинки и на наличии и форме ее перфораций.

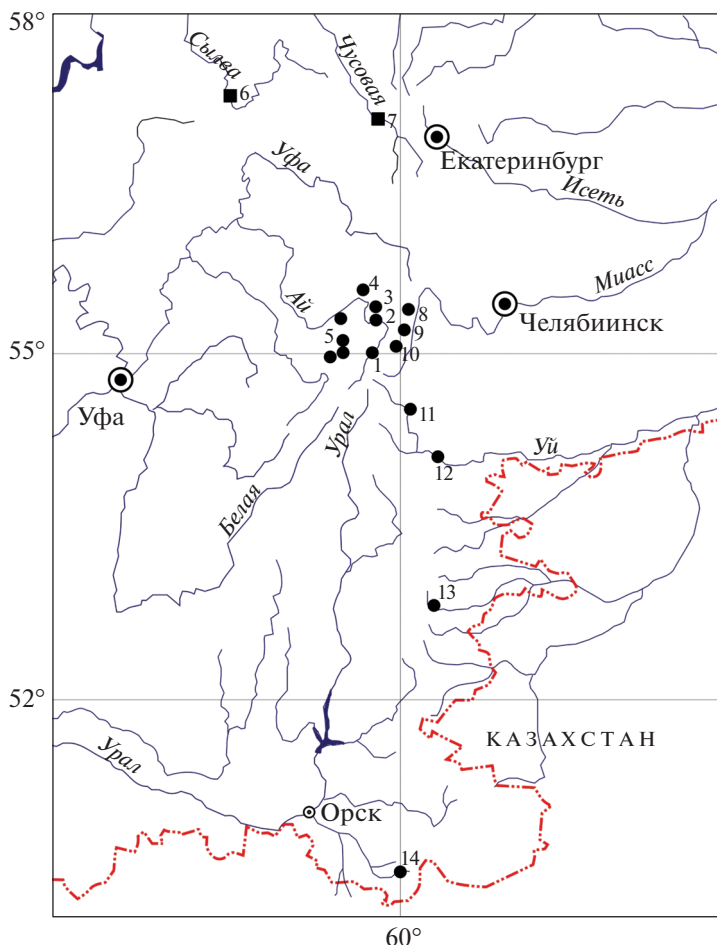
Ниже представлен аннотированный список 6 новых для водоемов Южного Урала видов рода *Synura* секции *Synura*.

*S. echinulata* Korschikov (рис. 2с, d; 4d, слева).

Колонии округлой формы, размером 40–50 мкм в диаметре, состоят из 8–10 клеток. Клетки широко-обратнойцевидной формы, 20–25 мкм дл., 18–20 мкм шир. Чешуйки середины клетки широкоовальные, 2.5–3.0 мкм дл., 2.0–2.5 мкм шир. Дистальный край чешуйки утолщен, с короткими радиальными ребрами, часть чешуйки за утолщенным краем плотно покрыта лабиринтоподобной структурой из червеобразно изгибающихся ребер (рис. 2с, d). Базальная пластина с крупными перфорациями, проксимальный край загнут в виде ободка, простирающегося на половину периметра чешуйки. Шип толстый, почти цилиндрической формы, 1.0–1.3 мкм дл. с острым концом; в основании шипа расположена крупная округлая пора 0.8–1.3 мкм в диам. Каудальные чешуйки без шипа, с лабиринтоподобной структурой.

Широко распространенный вид, встречается в пресных водоемах разного типа, бета-олигозапробионт (Voloshko, 2017; Kapustin et al., 2020; Škaloud et al., 2020). В России обнаружен в водоемах Северо-Запада, Большеземельской тундры, Полярного Урала, Таймыра, Чукотки, Колымы (Ballonov, 1976; Safronova, 2011, 2014; Safronova, Voloshko, 2013; Voloshko, 2017; Gusev et al., 2016, 2017).

На Южном Урале отмечен только в горнолесной зоне, в водоеме Волго-Камского бассейна в Саткинском и Златоустовском городских прудах, и в малой реке Сыростан Обского речного бас-



**Рис. 1.** Карта выявленных местообитаний: • — изученные водоемы; ■ — местообитания по литературным данным (Ballonov, 1976)

Лесные водоемы.

Водоемы горнолесной зоны Волго-Камского речного бассейна: 1 — вдхр. Верхнейское; 2 — Златоустовский гор. пруд; 3 — Тесьминское вдхр.; 4 — Кусинский гор. пруд; 5 — Саткинское вдхр.; Малосаткинское (Бакальское) вдхр.; Саткинский гор. пруд; 6 — река Сылта; 7 — река Чусовая.

Водоемы восточных предгорий Обского бассейна: 8 — вдхр. Киалимское; пруд Тыелга; 9 — оз. Тургойак; оз. Кошкуль; 10 — р. Сыростан; пруд Хребет.

Водоемы степной и лесостепной зоны Зауралья, бассейнов Обского (Тобольского) и реки Урал (Каспийского): 11 — Уйский пруд; 12 — р. Уй (с. Степное); 13 — пруд р. Синташта (с. Бреды); 14 — вдхр. Ушкотинское.

**Fig. 1.** Map of identified habitats: • — studied waterbodies; ■ — published data (Ballonov, 1976)

Forest waterbodies.

Waterbodies of the mountain-forest zone of the Volga-Kama basin: 1 — Verkhneayskoye reservoir; 2 — Zlatoust city pond; 3 — Tesminskoye reservoir; 4 — Kusinskiy city pond of the Kusa river; 5 — Satkinskoye reservoir; Bakalskoye reservoir of the Malaya Satka river; Satkinskiy city pond; 6 — Sylva river; 7 — Chusovaya river.

Waterbodies of the eastern foothills of the forest zone of the Ob basin: 8 — Kialimskoye reservoir; Tyelga pond; 9 — Turgoyak lake and derivatives of Turgoyak lake; Koshkul lake; 10 — Syrostan river; Khrebet pond.

Waterbodies of the steppe and forest-steppe zone in Transurals, the Ob (Tobol) and the Ural river (Caspian) basins:

11 — Uyskiy pond; 12 — Uy river (Stepnoye village); 13 — pond of Sintashta river (Bredy village); 14 — Ushkotinskoye reservoir.

Key: Уфа — Ufa; Екатеринбург — Ekaterinburg; Челябинск — Chelyabinsk; Орск — Orsk; Казахстан — Kazakhstan; Сылта — Sylva river; Исеть — Iset river; Миасс — Miass river; Ай — Ay river; Бelaya — Belaya river; Урал — Ural river; Уй — Uy river; Чусовая — Chusovaya river.

Key: Уфа — Ufa; Екатеринбург — Ekaterinburg; Челябинск — Chelyabinsk; Орск — Orsk; Казахстан — Kazakhstan; Сылта — Sylva river; Исеть — Iset river; Миасс — Miass river; Ай — Ay river; Бelaya — Belaya river; Урал — Ural river; Уй — Uy river; Чусовая — Chusovaya river.

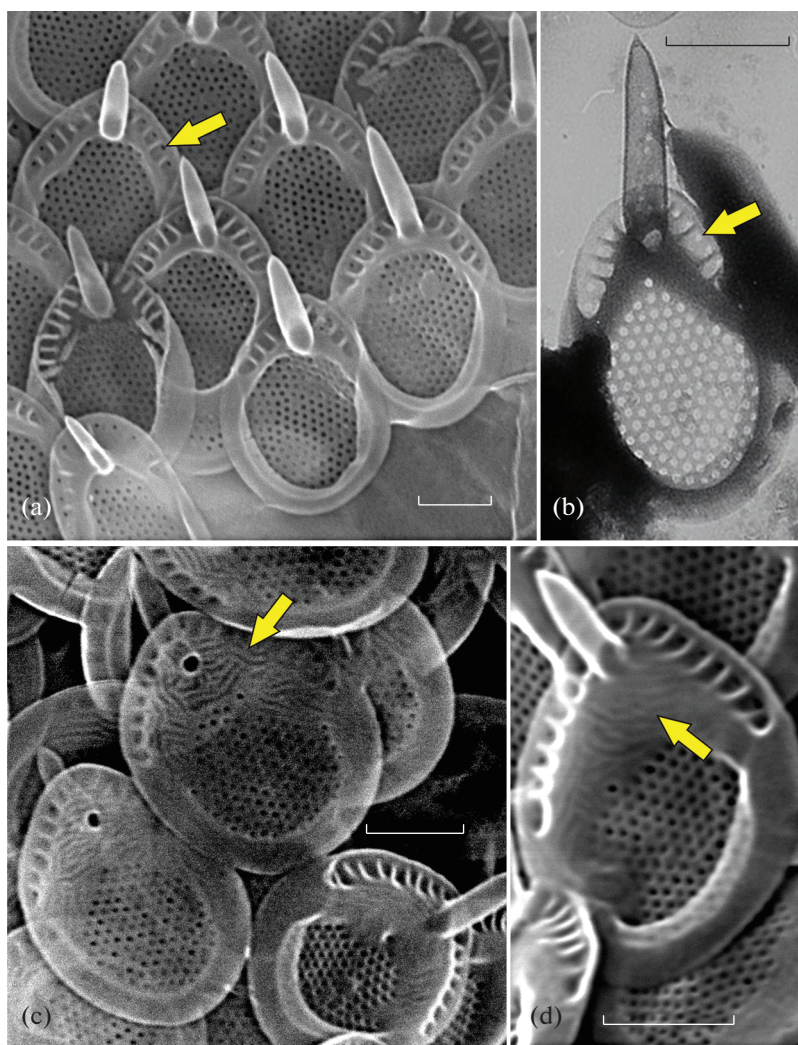
сейна (рис. 1). Собран в безледный период осенью и весной в мае, при температуре воды 11.6–14.5°C, рН 7.4–7.5, фосфоре минеральном 35–71 мкг л<sup>-1</sup>, УЭП 88.5–242.4 μS см<sup>-1</sup>.

*S. mammilosa* Takahashi (рис. 2a, b; 4d, справа).

Колонии округлой формы, состоят из 8–10 клеток, округло-овальной формы, 10–14 мкм в диам., длина овала 14–18 мкм, клетки соединены

**Таблица 1.** Значения некоторых физико-химических показателей в водоемах Южного Урала  
**Table 1.** The values of some physical and chemical parameters in waterbodies of South Urals

№	Озера, водохранилища, пруды и реки Lakes, reservoirs, ponds and rivers	Площадь Area, km <sup>2</sup>	Глубина/ Depth middle/ max, m	УЭП/Conduc- tivity, $\mu\text{S cm}^{-1}$	рН	Фосфор минеральный Mineral phosphorus mg dm <sup>-1</sup>	Координаты Coordinates	
							N	E
Водоемы горно-лесной зоны Волго-Камского бассейна Waterbodies of the mountain-forest zone of the Volga-Kama basin								
1	Верхнейское вдхр. Verkhneayskoye reservoir of the Ay river	1.33	3/10	195.6	7.4	30	55°04'32.5"	59°40'00.0"
2	Златоустовский городской пруд Zlatoustovsky city pond	4.10	2/9	242.4	7.5–7.7	35	55°10'51.0"	59°41'57.5"
3	Тесьминское вдхр. Tesminskoye reservoir	0.88	5/14	21.0–55.0	6.1–7.5	14	55°12'56.3"	59°45'53.4"
4	Кусинский городской пруд (р. Куса) Kusinskiy city pond of the Kusa river	1.20	3/9	105.0	7.3	–	55°20'13.2"	59°27'10.3"
5	Саткинское вдхр. реки Большая Сатка Satkinskoye reservoir of the Bolshaya Satka river	0.34	4/13	40.0–82.0	7.4	55	55°01'07.2"	59°05'39.0"
	Бакальское вдхр. (Малосаткинское) Bakalskoye reservoir of the Malaya Satka river	2.15	8/19	35.0–130.0	7.1	25	54°59'04.3"	58°57'11.0"
	Саткинский городской пруд Satkinskiy city pond	3.90	5/12	88.5	7.4	55	55°01'59.8"	59°01'32.5"
6	р. Сылва Sylva river	Литературные данные / Published data (Balonov, 1976)						
7	р. Чусовая Tshusovaya river							
Водоемы восточных предгорий лесной зоны Обского речного бассейна Waterbodies of the eastern foothills of the forest zone of the Ob basin								
8	Киалимское вдхр. Kialimskoye reservoir	0.80	8/12	79.3	7.5	42	55°24'28.4"	60°08'02.0"
	Пруд Тьелга Tuelga pond	0.10	3/10	354.3	7.4	75	55°20'10.8"	60°11'40.3"
9	Озеро Тургойак Turgoyak lake	26.4	19/34	80–110.0	7.4–7.5	10–45	55°09'48.5"	60°00'30.0"
	Озеро Кошкуль Koshkul lake	0.30	2/4	190.0	7.2–7.3	10–45	55°01'00.0"	60°02'07.0"
10	Река Сыростан Syrostan river	–	0.3/0.5	185.2	7.4	71	55°07'06.0"	59°50'10.8"
	Пруд Хребет Khrebet pond	0.30	3/10	173.3	7.3	–	55°05'11.1"	59°51'07.1"
Водоемы степной и лесостепной зоны Зауралья, Обского (Тобольского) речного бассейна и бассейна реки Урал Waterbodies of the steppe and forest-steppe zone in Transurals of the Ob (Tobol) and the Ural (Caspian) river basins								
11	Уйский пруд (с. Уйское) Uyskiy pond (Uyskoye village)	0.2	1/4	220.0–490	7.0–7.2	–	54°22'41.6"	59°59'43.6"
12	Река Уй (с. Степное) Uy river (Stepnoye village)	–	0.7/1.5	214.0	7.2	–	54°03'46.2"	60°26'59.8"
13	Пруд реки Синташта (с. Бреды) pond of the Sintashta river (Bredy village)	0.7	1/2	180.5	7.5	–	52°27'00.1"	60°18'24.0"
14	Ушкотинское вдхр. Ushkotynskoye reservoir	1.9	1.5/2.5	370.5	7.3	–	50°43'44.3"	59°35'26.0"



**Рис. 2.** Морфология чешуек отдельных видов *Synura* секции *Synura*:

a, b – *Synura mammilosa*: a – чешуйки середины клетки, стрелкой указаны крупные поры между ребрами (СЭМ), b – чешуйки середины клетки, стрелкой указаны крупные поры между ребрами (ТЭМ); c, d – *Synura echinulata* (СЭМ): чешуйки середины клетки с лабиринтоподобной структурой (указана стрелкой) ребер. Масштабные линейки: 1 мкм.

**Fig. 2.** Scale morphology of some *Synura* species of section *Synura*:

a, b – *Synura mammilosa*: a – body scales, the arrows indicate large pores (SEM); b – body scale, the arrows indicate large pores (TEM); c, d – *Synura echinulata* (SEM): body scales with a labyrinthine rib structure (indicated by arrows). Scale bars: 1 μm.

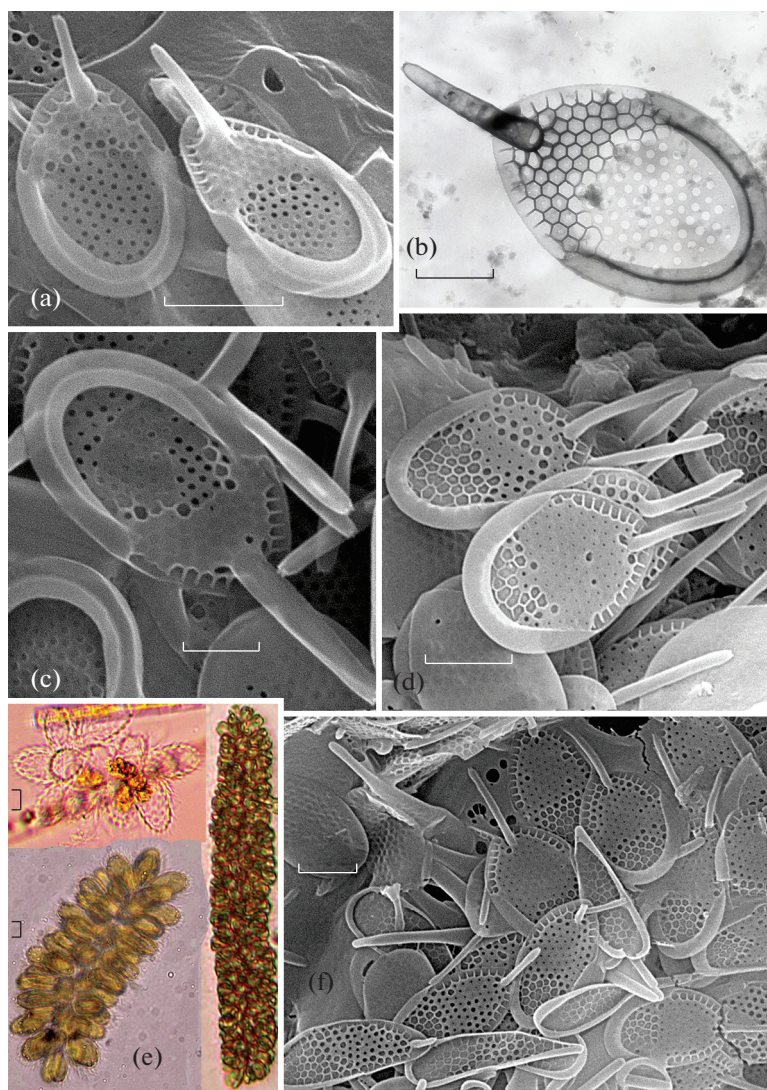
между собой в рыхлые колонии. Чешуйки середины клетки овальной формы, 2.7–3.0 мкм дл., 1.8–2.3 мкм шир. Шип остроконечный толстый, у основания 0.3 мкм в диам., 1.0–1.6 мкм дл.; в основании шипа расположена округлая пора 0.3–0.8 мкм в диам. Дистальный край с короткими радиальными ребрами и крупными порами между ребрами (рис. 2a, b). Базальная пластина с крупными порами 0.08–0.10 мкм в диам. Транзитные чешуйки без шипов.

Широко распространенный по всему миру вид, отмечен в болотах и озерах. В России обнаружен только в Северо-Западном регионе в водоеме Лугового парка г. Петергоф (Voloshko, 2017).

На Южном Урале отмечен только в горнолесной зоне в водоемах Волго-Камского бассейна в Малосаткинском, Верхнеайском и Тесьминском вдхр., образованных на реках Малая Сатка и Тесьма – притоках р. Ай. Собран в безледный период осенью и весной в мае, при температуре воды 10.5–12.5°C, pH 6.5–7.4, фосфоре минеральном 14–30 мкг л<sup>-1</sup>, УЭП 35.0–195.6 μS cm<sup>-1</sup>.

*S. mollispina* (Petersen et Hansen) Péterfi et Momeu (рис. 3d, f; рис. 4a, c, e, f).

Клетки округло-овальной формы 15–20 мкм в диам. (рис. 4a, c). Чешуйки середины панциря клетки овальной формы, 4.4–5.0 мкм дл., 3.0–3.3 мкм шир., с длинным и тонким шипом. Длина



**Рис. 3.** Морфология чешуек отдельных видов *Synura* секции *Synura*:

a, b, c, e – *Synura spinosa*: a, c – чешуйки середины клетки (СЭМ); b – чешуйка середины клетки (ТЭМ); e – три колонии удлинённой формы с различным количеством клеток в колонии (СМ); d, f – *Synura mollispina* (СЭМ), чешуйки середины клетки (d) и каудальные чешуйки треугольной формы (f). Масштабные линейки: a – 2 мкм; b, c – 1 мкм; d, f – 2 мкм; e – 10 мкм.

**Fig. 3.** Scale morphology of some *Synura* species of section *Synura*:

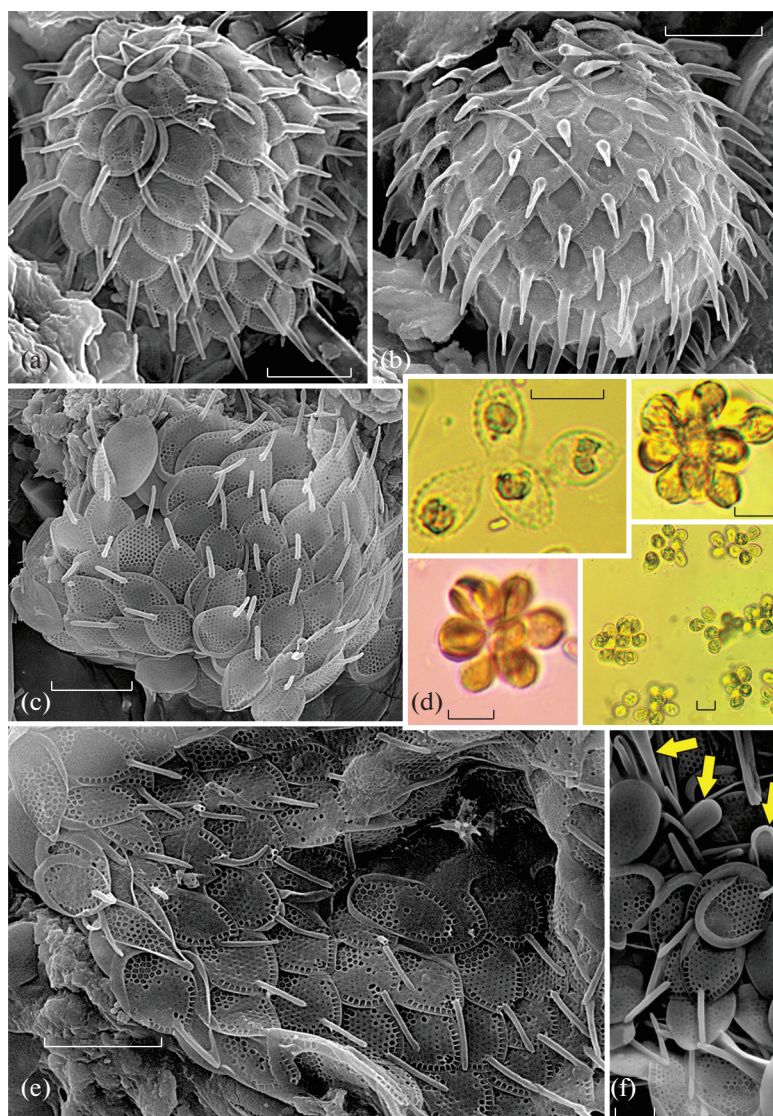
a, b, c, e – *Synura spinosa*: a, c – body scales (SEM); b – body scale (TEM); e – three elongated colonies with different numbers of cells in colony (LM); d, f – *Synura mollispina* (SEM), body scales (d) and rear triangular scales (f). Scale bars: a – 2 μm; b, c – 1 μm; d, f – 2 μm; e – 10 μm.

шипа от 1.3 до 3.0 мкм (рис. 4a, c, e), шип с двумя зубцами на конце. Чешуйки середины клетки удлинённые, возле шипа несколько вытянуты, покрыты почти полностью гексагональной сотовой структурой, каждая ячейка сот включает одну пору. Проксимальная часть чешуйки с загнутым ободком, занимающим половину периметра чешуйки. Транзитные чешуйки без шипов, форма более удлинённая, гексагональная сотовая структура присутствует. Каудальные и апикальные чешуйки – без шипа и могут быть разнообразной формы: почти треугольные с ободком по всему

периметру (рис. 3f); удлинённые до 6 мкм и узкие с редуцированной гексагональной структурой (рис. 4f). Самые маленькие каудальные чешуйки были 1.2 мкм дл. и 0.4 мкм шир.

Вид встречается в Европе, Америке, Гренландии (Voloshko, 2017). В России известен из озера бассейна Нижнего Енисея (Bessudova, 2018) и в водоеме Лугового парка г. Петергоф (Voloshko, 2017).

На Южном Урале вид обнаружен только в горнолесной зоне: в малой реке Сыростан и глубоко-



**Рис. 4.** Морфология чешуек отдельных видов *Synura* секции *Synura*:

a, c, e – *Synura mollispina* (СЭМ), клетка, покрытая чешуйками середины клетки и каудальными; b – *Synura spinosa* (СЭМ), клетка, покрытая чешуйками; d – колонии: левые два снимка *Synura echinulata* (СМ) и справа – многочисленные колонии *Synura mammilosa* (СМ); f – *Synura mollispina* (СЭМ), каудальные чешуйки удлиненные узкие с редуцированной гексагональной структурой указаны стрелками. Масштабные линейки: a, c, e, b – 5 мкм; d – 20 мкм; f – 2 мкм.

**Fig. 4.** Scale morphology of some *Synura* species of section *Synura*:

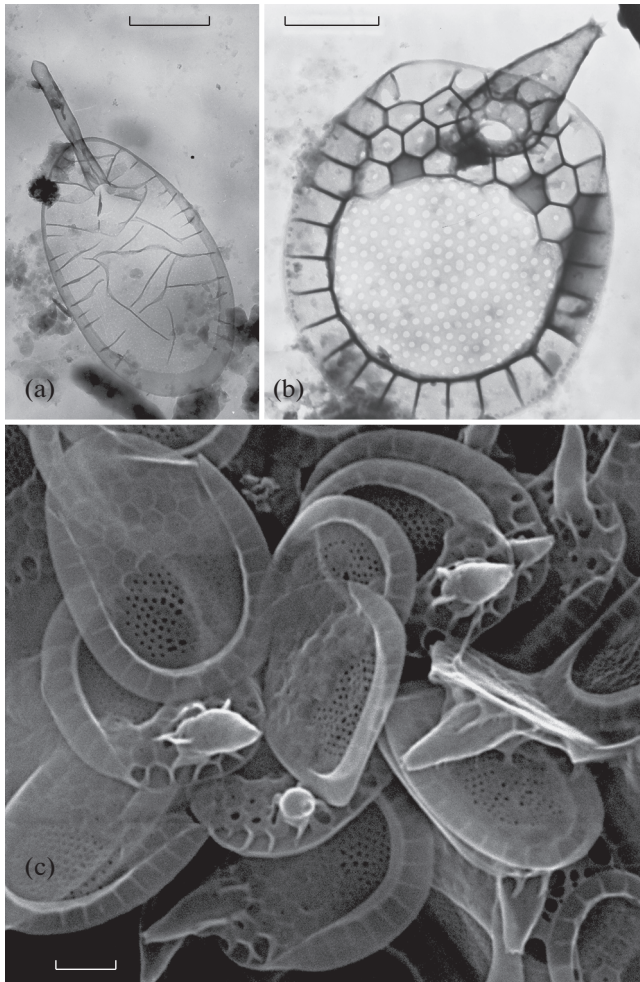
a, c, e – *Synura mollispina* (SEM), scaly cell, body scales, rear scales; b – *Synura spinosa* (SEM), scaly cell; d – colonies: two left pictures – *Synura echinulata* (LM), and two right pictures – numerous colonies of *Synura mammilosa* (LM); f – *Synura mollispina* (SEM), caudal scales elongated, narrow, with a reduced hexagonal structure, are indicated by arrows. Scale bars: a, c, e, b – 5 μm; d – 20 μm; f – 2 μm.

водном озере Тургояк (Обский бассейн), в Тесьминском вдхр. (Волго-Камский бассейн). Отмечен подо льдом, в начале ледостава и перед ледоставом осенью при температуре воды 3.9–6.5°C, pH 7.0–7.4, фосфоре минеральном 10–71 мкг л<sup>-1</sup>, УЭП 21.0–185.2 μS см<sup>-1</sup>.

*S. spinosa* Korschikov (рис. 3a, b, c, e; рис. 4b).

Колонии имеют преимущественно вытянутую рыхлую форму, до 80 мкм дл., состоящую из 40–

50 клеток (рис. 3e, внизу). Отдельные колонии (в дериватах оз. Тургояк) достигали свыше 500 мкм дл. и состояли из более 400 клеток, плотно расположенных между собой (рис. 3e, справа). Клетки грушевидно-удлиненной формы 20–22 мкм дл. и 8–12 мкм шир. (рис. 3e, 4b). В водоеме Обского бассейна (в Киалимском водохранилище) наблюдали колонии из 16–18 клеток с более крупными размерами клеток до 28 мкм дл. и 16 мкм шир. (рис. 3e, сверху). Клетки покрыты панцирем из



**Рис. 5.** Морфология чешуек отдельных видов *Synura* секции *Synura*:

a – *Synura punctulosa* (ТЭМ), чешуйка середины клетки; b – *Synura uvella* (ТЭМ), чешуйка середины клетки; c – *Synura uvella* (СЭМ), чешуйки середины клетки и каудальные чешуйки без шипа. Масштабные линейки: a, b, c – 1 мкм.

**Fig. 5.** Scale morphology of some *Synura* species of section *Synura*:

a – *Synura punctulosa* (TEM), body scale; b – *Synura uvella* (TEM), body scale; c – *Synura uvella* (SEM), body scale and rear scale without spike. Scale bars: a, b, c – 1  $\mu$ m.

кремнистых чешуек с длинным толстым шипом, длина шипа меньше базальной пластины чешуйки и составляла 1.6–2.8 мкм, на конце шипа расположены два мелких зубчика (рис. 3b, c). Чешуйки с более длинным и толстым шипом встречались в популяциях, но длина шипа не превышала длину базальной пластинки, т.е. формы *S. spinosa* f. *longispina* Petersen et Hansen не было обнаружено. Чешуйки середины клетки овальной формы, 3.8–4.3 мкм дл., 2.4–3.0 мкм шир., но чаще в обнаруженных популяциях чешуйки середи-

ны клетки имели овальную форму с вытянутой дистальной частью чешуйки, где присутствует гексагональная сотовая структура (примерно 1/3 площади базальной пластинки). На дистальном вытянутом крае чешуйки перпендикулярно к краю расположены короткие штрихи, около 10 с каждой стороны, поры между штрихами отсутствуют. В проксимальной части чешуйки присутствует перфорация и есть загнутый ободок на 2/3 длины периметра, 0.4–0.6 мкм шир. Каудальные чешуйки удлинено-яйцевидные, могут быть с оттянутым концом, мелкие 2.8–3.0 мкм дл., 1.1–1.3 мкм шир., с ободком по всему периметру, без сотовой структуры, с несколькими порами. Переходные стадии от транзитных к каудальным чешуйкам также присутствуют на панцире клетки.

Широко распространенный вид, космополит, встречается в водоемах различного типа, бета-олигосапробионт (Voloshko, 2017). В России отмечен в водоемах Северо-Запада, Большеземельской тундры, Полярного Урала, Таймыра, низовьях реки Енисей; в водохранилищах Верхней, Средней и Нижней Волги (Ballonov, 1976; Safronova, 2011; Safronova, Voloshko, 2013; Voloshko, 2017). В более южных областях Урала и Предуралья вид *S. spinosa* отмечен в реках Сылва, Чусовая (Волго-Камский бассейн) и рыбоводных прудах Челябинской области (Ballonov, 1976).

На Южном Урале вид широко распространен в водоемах различных природных зон трех речных бассейнов. Отмечен в водоемах верховьев Волго-Камского бассейна горно-лесной зоне: Верхнеайском и Тесьминском водохранилищах и образующих реках Ай, Тесьма; Златоустовском и Кусинском городских прудах; в водоемах Обского бассейна – Киалимское вдхр. и р. Киалим, р. Сыростан, прудах Хребет и Тыелга, оз. Тургояк и его дериватах, в водоемах лесостепной зоны восточных предгорий (р. Уй и Уйский пруд) и степной зоны Зауралья в пруду Брединский р. Синташта и Ушкотинское вдхр. (бассейн р. Урал). Местообитание в Киалимском водохранилище расположено в фоновой зоне влияния атмосферного переноса загрязнений медеплавильного комбината (Snit'ko, Snit'ko, 2019). Вид отмечен весной в мае, а также подо льдом, в начале ледостава осенью при температуре воды 3.9–17.5°C, рН 6.1–7.5, фосфоре минеральном 10–75 мкг л<sup>-1</sup>, УЭП 21.0–490.0  $\mu$ S cm<sup>-1</sup>.

*S. punctulosa* Balonov (рис. 5a).

Отмечена отдельная чешуйка. Чешуйка овальная, 3.6 мкм дл., 2.1 мкм шир. Шип цилиндрический, 1.88 мкм дл. Диаметр шипа при основании 0.25 мкм. Пора в основании шипа 0.2 мкм в диам. Орнаментация чешуйки слабо выражена, состоит



из искривленных ребер, часто заходящих на ободок, который занимает примерно 2/3 периметра чешуйки. Базальная пластинка чешуйки тонкая с мелкими, беспорядочно расположенными порами.

Редкий вид, встречается в реках и водохранилищах, найден только в умеренных широтах северного полушария в России: Камское, Рыбинское вдхр., Верхняя Волга, нижний Енисей и в Финляндии: оз. Кеурусселькя (Keurusselkä) (Balonov, 1976).

На Южном Урале *S. punctulosa* обнаружена в Верхнеайском вдхр. в верховьях р. Ай — притока р. Белой (Волго-Камский бассейн), в единичном количестве в весеннем планктоне. Вид отмечен в безледный период — в мае, при температуре воды 12.5° С, рН 7.4, фосфоре минеральном 30 мкг л<sup>-1</sup>, УЭП 195.6 μS cm<sup>-1</sup>.

*Synura uvella* Ehrenberg emend. Korschikov (рис. 5b, c).

Отмечены скопления чешуек. Чешуйки широкоовальные, (4.0) 4.6–5.2 мкм дл., 3.6–3.8 мкм шир. Шип толстый, конической формы, 1.7–1.9 мкм дл. Диаметр шипа при основании 0.7–1.1 мкм, на верхушке могут присутствовать 3–5 зубчиков. Ободок широкий, почти достигает дистального края чешуйки, с грубыми ребрами. Дистальная часть чешуйки с крупными перфорациями. Базальная пластинка в центре орнаментирована часто расположенными порами. Каудальные чешуйки более мелкие: 3.0–3.2 мкм дл., 2.4–2.6 мкм шир. без шипа, дистальная часть их также с крупными перфорациями, а базальная пластинка — с беспорядочно расположенными порами, имеется широкий ободок с грубыми ребрами.

Широко распространенный по всему миру вид, но встречается нечасто, в водоемах различных типов. В России отмечен в водоемах Северо-Западна, Нижнего Новгорода, Полярного Урала, Таймыра, Чукотки, Колымы. Предпочитает водоемы со щелочной реакцией среды, бетамезосапробионт, может вызывать “цветение” воды (Gusev et al., 2017; Voloshko, 2017).

На Южном Урале отмечен в водоемах горнолесной и лесостепной природных зон, в степном Зауралье, но везде встречается нечасто, гораздо реже большинства других видов рода. *S. uvella* найден в водоемах Обского бассейна восточных предгорий — Уйский пруд и р. Уй, оз. Кошкуль, в степной зоне отмечен в Брединском пруду на притоке р. Синташка; в горно-лесных водоемах Волго-Камского бассейна — Тесьминское и Верхнеайское вдхр. Вид отмечен в безледный период осенью и весной в мае, при температуре воды 7.0–12.5°С, рН 7.2–7.5, фосфоре минеральном

14–45 мкг л<sup>-1</sup>, УЭП 55.0–490.0 μS cm<sup>-1</sup>. Водоемы, где обнаружена *S. uvella*, большую часть сезона имеют нейтрально-щелочную реакцию среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что отдельные представители рода *Synura* секции *Synura* широко распространены в горнолесной зоне Южного Урала, отмечены также в восточных предгорьях и в степном Зауралье в пределах Челябинской области и Оренбуржья в водоемах всех типов — в верховьях горных и степных рек, в прудах и водохранилищах на них, в мелких и относительно глубоких озерах.

Наибольшее количество местообитаний на Южном Урале в трех природных зонах отмечено для широко распространенной *S. spinosa*. Наиболее редким видом можно считать *S. punctulosa*, у которой обнаружена единичная чешуйка в верховьях реки Ай Волго-Камского бассейна. В горнолесной зоне отмечены только *S. echinulata*, *S. mammilosa*, *S. mollispina* и *S. punctulosa*. В водоемах степной зоны обнаружены *S. spinosa* и *S. uvella*.

Водоемы степного Зауралья, где выявлены местообитания видов рода *Synura*, расположены в самых верховьях рек, поскольку ниже по течению происходит повышение минерализации поверхностных вод и почв. В пределах геоморфологической структуры Зауральского пенеплена выходы на поверхность кристаллических горных пород с лесной растительностью обуславливают низкую минерализацию речек и прудов и пригодны для обитания пресноводных водорослей. В целом экологические условия местообитаний изученных видов характеризуются околонеutralными показателями рН и низкой электропроводностью воды.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Статья выполнена в рамках государственного задания ЮУФНЦ МиГ УрО РАН № АААА-А19-119101490003-1 и БИН РАН № 121021600184-6.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Balonov] Баллонов И.М. 1976. Род *Synura* Ehr. (Chrysophyta). Биология, экология, систематика. — Тр. ин-та Биол. внутр. вод АН СССР. 31 (34): 61–81.
- [Bessudova] Бессудова А.Ю. 2018. Чешуйчатые хризофитовые в разнотипных водоемах Восточной Сибири: Автореф. ... канд. биол. наук. Томск. 21 с.
- Firsova A.D., Bessudova A.Yu., Sorokovikova L.M., Tomberg I.V., Likhoshway Ye.V. 2015. The diversity of chrysophycean algae in an arctic zone of river and sea water mixing, Russia. — *Am. J. Plant Sci.* 6 (15): 2439–2452.  
<https://doi.org/10.4236/ajps.2015.615246>

- [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. — Тр. ин-та биол. внутр. вод РАН. 73 (76): 5–11.
- [Gusev et al.] Гусев Е.С., Перминова О.С., Старцева Н.А., Охапкин А.Г. 2017. Род *Synura* (Synurales, Synurophyceae) в малых городских реках Нижнего Новгорода. — Новости сист. низш. раст. 51: 57–70. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2017.51.57>
- Kapustin D.A., Gusev E.S. 2015. *Synura korshikovii* sp. nov. (Chrysophyceae, Synurales), a new species from Ukraine. — Phytotaxa. 233 (2): 185–190. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.233.2.6>
- Kapustin D.A., Gusev E.S., Lilitskaya G.G., Kulikovskiy M.S. 2020. Silica-scaled chrysophytes from the Ukrainian Polissia. — Cryptogamie, Algologie. 41 (12): 121–135. <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-algologie2020v41a12>
- Kristiansen J., Preisig H.R. 2007. *Chrysophyceae* and *Haptophyceae*. Vol. 2. *Synurophyceae*. — In: Susswasserflora von Mitteleuropa. Vol. 1/2. Copenhagen. 121 p.
- Němcová Y., Nováková S., Řezáčová-Škaloudová M. 2008. *Synura obesa* sp. nov. (Synurophyceae) and other silica-scaled chrysophytes from Abisko (Swedish Lapland). — Nova Hedwigia. 86: 243–254. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2008/0086-0243>
- [Safronova] Сафронова Т.В. 2011. Видовой состав Chrysophyta в водоемах водно-болотного угодья международного значения “Мшинская болотная система” (Ленинградская область). — Бот. журн. 96 (8): 1037–1052.
- [Safronova] Сафронова Т.В. 2012. Новые для флоры Ленинградской области и России виды Chrysophyta. — Новости сист. низш. раст. 46: 60–67. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2012.46.60>
- [Safronova] Сафронова Т.В. 2014. Сезонные изменения состава золотистых водорослей (Chrysophyceae, Synurophyceae) в прудах Ботанического сада БИН РАН (СПб). — Бот. журн. 99 (4): 443–458. <https://doi.org/10.1134/S1234567814040053>
- 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.
- Siver P.A., Lott A.M. 2004. Further observations on the scaled Chrysophycean and Synurophycean flora of the Ocala National Forest, Florida, U.S.A. — Nord. J. Bot. 24 (2): 211–233. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2004.tb00835.x>
- Siver P.A., Wujek D.E. 1993. Scaled Chrysophyceae and Synurophyceae from Florida: IV. The flora of Lower Lake Myakka and Lake Tarpon. — Florida Sci., Biol. Sci. 56 (2): 109–117.
- Siver P.A., Wujek D.E. 1999. Scaled Chrysophyceae and Synurophyceae from Florida, U.S.A.: VI. Observations on the flora from water bodies in the Ocala National Forest. — Nova Hedwigia. 68 (2): 75–92. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/68/1999/75>
- Škaloud P., Kristiansen J., Škaloudová M. 2013. Developments in the taxonomy of silica-scaled chrysophytes — from morphological and ultrastructural to molecular approaches. — Nord. J. Bot. 31: 385–402. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00119.x>
- 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 (3): 303–329. <https://doi.org/10.2216/11-20.1>
- 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. <https://doi.org/10.1080/09670262.2014.905710>
- Škaloud P., Škaloudová M., Jadrná I., Bestová H., Pusztai M., Kapustin D., Siver P.A. 2020. Comparing morphological and molecular estimates of species diversity in the freshwater genus *Synura* (Stramenopiles): a model for understanding diversity of eukaryotic microorganisms. — J. Phycology. 56 (3): 574–591. <https://doi.org/10.1111/jpy.12978>
- [Snit'ko et al.] Снитько Л.В., Снитько В.П., Блинов И.А., Волошко Л.Н. 2016. Золотистые водоросли (Chrysophyceae, Synurophyceae) в водоемах Восточных предгорий Южного и Среднего Урала. — Бот. журн. 101 (12): 1361–1378. <https://doi.org/10.1134/S0006813616120012>
- [Snit'ko, Voloshko] Снитько Л.В., Волошко Л.Н. 2017. Золотистые водоросли (Chrysophyceae, Synurophyceae) в подледном планктоне озер восточных предгорий Южного Урала. — В кн.: Матер. III Междунар. конф. “Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем”. СПб. С. 301–304.
- Snit'ko L.V., Snit'ko V.P. 2019. Taxonomic structure and ecology of phytoplakton of small forest lakes in the zone of technogenesis of Sulfide deposit (South Urals). — Inland Water Biol. 12 (4): 393–400. <https://doi.org/10.1134/S1995082919040151>
- Voloshko L.N. 2010. The chrysophycean algae from glacial lakes of Polar Ural (Russia). — Nova Hedwigia Beih. 136: 191–212. <https://doi.org/10.1127/1438-9134/2010/0136-0191>
- [Voloshko] Волошко Л.Н. 2012. Новые таксоны рода *Mallomonas* (Chrysophyta, Synurophyceae) в Воркутинской тундре. — Бот. журн. 97 (9): 1090–1098. <https://doi.org/10.1134/S123456781209008X>
- [Voloshko] Волошко Л.Н. 2017. Золотистые водоросли водоемов Севера России. СПб. 380 с.

## NEW SPECIES OF *SYNURA* SECTION *SYNURA* (CHRYSOPHYCEAE, SYNURALES, SYNURACEAE) IN WATERBODIES OF THE SOUTH URALS

L. V. Snitko<sup>a, #</sup>, T. V. Safronova<sup>b</sup>, I. A. Blinov<sup>a</sup>, and V. P. Snitko<sup>a</sup>

<sup>a</sup> South Ural Scientific Centre for Mineralogy and Environmental Geology of the Ural Branch RAS  
Miass, Chelyabinsk Region, 456317, Russia

<sup>b</sup> Komarov Botanical Institute RAS  
Prof. Popov Str., 2, St. Petersburg, 197376 Russia

<sup>#</sup>e-mail: lvs223@yandex.ru

New data on the distribution of six *Synura* species from the section *Synura* are presented, based on the morphometric analysis of siliceous flakes using scanning and transmission electron microscopy. These species (*S. chinulata*, *S. mammilosa*, *S. mollispina*, *S. punctulosa*, *S. spinosa*, *S. uvella*) were identified during our extensive sampling in freshwater habitats of the mountain-forest zone of the South Urals eastern foothills, and the steppe Transurals within the Chelyabinsk and Orenburg regions, and are new to the algal flora of the region under study. In this paper, detailed descriptions of the discovered species are given, and accompanied with information about their localities, distribution and ecology in the study region, illustrated with electronic microphotographs, including details of the structure of the siliceous cell covers. The obtained results supplement the information on the flora of chrysophytic algae in Russia and can be used in environmental monitoring of waterbodies.

**Keywords:** *Synura*, taxonomy, morphology, biogeography, ecology, South Urals

### ACKNOWLEDGEMENTS

The article is made within the framework of the state assignments of the South Ural Scientific Centre for Mineralogy and Environmental Geology of the UBRAS № AAAA-A19-119101490003-1, and of the Komarov Botanical Institute RAS № 121021600184-6.

### REFERENCES

- Balonov I.M. 1976. Genus *Synura* Ehr. (Chrysophyta). Biology, ecology, systematics. — Trudy Inst. Biol. Vnutrenn. vod Akad. Nauk SSSR. 31 (34): 61–81 (In Russ.).
- Bessudova A.Yu. 2018. Silica-scaled Chrysophytes in the different types of reservoirs in Eastern Siberia: Abstr. ... Diss. Kand. Sci. Tomsk. 21 p. (In Russ.).
- Firsova A.D., Bessudova A.Yu., Sorokovikova L.M., Tomberg I.V., Likhoshway Ye.V. 2015. The diversity of chrysophycean algae in an arctic zone of river and sea water mixing, Russia. — Am. J. Plant Sci. 6 (15): 2439–2452. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.615246>
- Gusev E.S., Kapustin D.A., Martynenko N.A. 2016. Morphological and molecular studies of the genus *Synura* Ehrenb. (Chrysophyceae) from the algae collection of IBIW RAS. — Trudy Inst. Biol. Vnutrenn. Vod RAN. 73 (76): 5–11 (In Russ.).
- Gusev E.S., Perminova O.S., Starceva N.A., Ohapkin A.G. 2017. Genus *Synura* (Synurales, Synurophyceae) in the small urban rivers of Nizhny Novgorod. — Novosti Sist. Nizsh. Rast. 51: 57–70 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2017.51.57>
- 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>
- Kapustin D.A., Gusev E.S., Lilitskaya G.G., Kulikovskiy M.S. 2020. Silica-scaled chrysophytes from the Ukrainian Polissia. — Cryptogamie, Algologie. 41 (12): 121–135. <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-algologie2020v41a12>
- Kristiansen J., Preisig H.R. 2007. Chrysophyceae and Haptophyceae. Vol. 2. Synurophyceae. — In: Süsswasserflora von Mitteleuropa. Vol. 1/2. Copenhagen. 121 p.
- Němcová Y., Nováková S., Řezáčová-Škaloudová M. 2008. *Synura obesa* sp. nov. (Synurophyceae) and other silica-scaled chrysophytes from Abisko (Swedish Lapland). — Nova Hedwigia. 86 (1–2): 243–254. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2008/0086-0243>
- Safronova T.V. 2011. Species composition of Chrysophyta in the waterbodies of the wetland of international importance “Mshinskaya bog system” (Leningrad region). — Bot. Zhurn. 96 (8): 1037–1052 (In Russ.).
- Safronova T.V. 2012. New for flora of Leningrad Region and Russia species of Chrysophyta. — Novosti Sist. Nizsh. Rast. 46: 60–67 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2012.46.60>
- Safronova T.V. 2014. Seasonal changes of taxonomic composition Chrysophycean algae (Chrysophyceae, Synurophyceae) in the ponds of the Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (St. Petersburg). — Bot. Zhurn. 99 (4): 443–458 (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S1234567814040053>
- 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.
- Siver P.A., Lott A.M. 2004. Further observations on the scaled Chrysophycean and Synurophycean flora of the Ocala National Forest, Florida, U.S.A. — Nord. J. Bot. 24 (2): 211–233. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2004.tb00835.x>
- Siver P.A., Wujek D.E. 1993. Scaled Chrysophyceae and Synurophyceae from Florida: IV. The flora of Lower

- Lake Myakka and Lake Tarpon. — Florida Sci., Biol. Sci. 56 (2): 109–117.
- Siver P.A., Wujek D.E. 1999. Scaled Chrysophyceae and Synurophyceae from Florida, U.S.A.: VI. Observations on the flora from water bodies in the Ocala National Forest. — Nova Hedwigia. 68 (1–2): 75–92. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/68/1999/75>
- Škaloud P., Kristiansen J., Škaloudová M. 2013. Developments in the taxonomy of silica-scaled chrysophytes — from morphological and ultrastructural to molecular approaches. — Nord. J. Bot. 31 (4): 385–402. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00119.x>
- 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 (3): 303–329. <https://doi.org/10.2216/11-20.1>
- 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>
- Škaloud P., Škaloudová M., Jadrná I., Bestová H., Pusztai M., Kapustin D., Siver P. A. 2020. Comparing morphological and molecular estimates of species diversity in the freshwater genus *Synura* (Stramenopiles): a model for understanding diversity of eukaryotic microorganisms. — J. Phycology. 56 (3): 574–591. <https://doi.org/10.1111/jpy.12978>
- Snit'ko L.V., Snit'ko V.P., Blinov I.A., Voloshko L.N. 2016. Chrysophycean algae (Chrysophyceae, Synurophyceae) in waterbodies of the Eastern foothills of the South and Middle Urals. — Bot. Zhurn. 101 (12): 1361–1378 (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0006813616120012>
- Snit'ko L.V., Voloshko L.N. 2017. Chrysophycean algae (Chrysophyceae, Synurophyceae) in the under ice in lakes of the Eastern foothills of the South Urals. — In: Bioindication in monitoring of freshwater ecosystems. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. St. Petersburg. P. 301–304 (In Russ.).
- Snit'ko L.V., Snit'ko V.P. 2019. Taxonomic structure and ecology of phytoplakton in small forest lakes in the zone of technogenesis of sulfide deposit (South Urals). — Inland Water Biol. 12 (4): 393–400. <https://doi.org/10.1134/S1995082919040151>
- Voloshko L.N. 2010. The chrysophycean algae from glacial lakes of Polar Ural (Russia). — Nova Hedwigia Beih. 136: 191–212. <https://doi.org/10.1127/1438-9134/2010/0136-0191>
- Voloshko L.N. 2012. New species of the genus *Mallomonas* (Chrysophyta, Synurophyceae) from ponds of Vorkuta tundra. — Bot. Zhurn. 97 (9): 1090–1098 (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S123456781209008X>
- Voloshko L.N. 2017. Chrysophycean algae in water bodies of the Northern Russia. St. Petersburg. 380 p. (In Russ.).