

## Род *Mallomonas* Perty (Chrysophyceae) в фитопланктоне Телецкого озера: разнообразие и распространение

## The genus *Mallomonas* Perty (Chrysophyceae) in Lake Teletskoye phytoplankton: diversity and distribution

Митрофанова Е. Ю.

Mitrofanova E. Yu.

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия. E-mail: mitelena-09@mail.ru  
Institute for Water and Environmental Problems, Barnaul, Russia

**Реферат.** В период 2009–2010, 2018–2023 гг. проводили исследование фитопланктона по всей акватории Телецкого озера и в различные гидрологические сезоны. Проанализирован состав рода *Mallomonas* из чешуйчатых хризофитовых водорослей, которые являются обязательным компонентом глубоких и мелководных пресных водоемов. В Телецком озере выявлен разнообразный состав видов рода *Mallomonas* – 21 вид (24 вида, разновидности и форм, а также неопределенных до вида организмов). Наиболее распространенным видом в планктоне озера является *Mallomonas alpina*, который отмечен как в период открытой воды, так и зимой подо льдом. Часто встречаются в период открытой воды *M. elongata*, *M. tonsurata* и *M. crasssquama*. Многие виды отмечены вдоль по всему озеру на разных участках его акватории, как в литорали, так и пелагиали, в сезонном аспекте – в период открытой воды. Южный участок озера наиболее оригинален по составу выявленных видов ввиду наличия здесь мелководных участков и придаточного водоема. Большинство видов отмечены как редкие, которые были обнаружены на некоторых станциях или в отдельные сезоны, причем единично.

**Ключевые слова.** Золотистые водоросли, распространение по акватории, состав, Телецкое озеро, *Mallomonas*.

**Summary.** In 2009–2010, 2018–2023, a study of phytoplankton was conducted throughout the water area of Lake Teletskoye and in different hydrological seasons. The composition of the genus *Mallomonas* from silica-scaled chrysophycean algae, which are an obligatory component of deep and shallow freshwater bodies, was analyzed. A diverse composition of species of the genus *Mallomonas* was identified in the Lake Teletskoye phytoplankton – 21 species (24 species, varieties and forms, as well as organisms unspecified to the species). The most common species in the lake plankton is *Mallomonas alpina*, which is noted both during the open water period and under the ice in winter. *M. elongata*, *M. tonsurata* and *M. crasssquama* are often found during the open water period. Many species were noted along the entire lake in different parts of its water area, both in the littoral and pelagic zones, in the seasonal aspect – during the open water period. The southern part of the lake is the most original in terms of the composition of the species identified due to the presence of littoral areas and the small shallow reservoir nearby the lake that is connected with the one during the flood. Most species are noted as rare, which were found at some stations or in some seasons, and singly.

**Key words.** Composition, Chrysophyceae, distribution, Lake Teletskoye, *Mallomonas*.

**Введение.** Золотистые, или хризофитовые водоросли (Chrysophyceae) – разнообразная по составу группа протистов, распространенная во многих водоемах как в бореальном поясе, так и более южных регионах. В последние десятилетия разнообразие их стало значительно увеличиваться по мере развития высокоразрешающей микроскопической техники, а именно сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии ввиду того, что кремнистые элементы на поверхности клеточной оболочки у многих видов золотистых водорослей (чешуйки, шипики, щетинки) имеют весьма малые размеры. В связи с этим появляются описания новых видов в том или ином регионе Земного шара (Снитыко и др., 2020; Gusev, Martynenko, 2022a; Bessudova et al., 2023), производится ревизия состава золотистых водорослей в озерах (Bessudova et al., 2017), реках (Бессудова и др., 2018), эстуарных зонах морей (Firsova et al., 2015; Бессудова и др., 2016). Наиболее разнообразным по составу среди золотистых водорослей является род *Mallomonas* Perty (Siver, 1991).

В фитопланктоне Телецкого озера, глубоком олиготрофном водоеме в горах Алтая, золотистые водоросли на начало XXI в. – это четвертая по разнообразию группа (29 видов) после диатомовых, зеленых и цианобактерий, составлявшая 8,6 % от общего состава (Митрофанова, 2000). В таксономической структуре фитопланктона озера сем. Chrysomonadaceae занимало второе ранговое место по разнообразию (28 видов, 8,3 % от общего числа видов), среди крупнейших родов по числу видов роду *Mallomonas* принадлежало 5–7 ранговое место (11 видов, 8,3 %). В последние годы в связи с изучением водорослей планктона Телецкого озера в разные сезоны с помощью сканирующей электронной микроскопии состав этой группы значительно пополнился, в том числе и рода *Mallomonas*. Цель работы – ревизия состава рода *Mallomonas* по архивным и современным оригинальным и литературным данным.

**Материалы и методы.** Телецкое озеро находится в узкой горной долине в горах Алтая на юге Западной Сибири (рис. 1) – глубина 323,3 м, площадь водной поверхности 223 км<sup>2</sup>, длина 78 км, максимальная ширина 5,2 км (Selegei et al., 2001). Отличительной особенностью водоема является большая площадь его водосборного бассейна (отношение площади озера к площади водосбора 1:91), что при высоте расположения водосборного бассейна (средняя величина – 1940 м над ур. м.) способствует ускоренному обновлению водных масс в озере (5,3–5,6 лет) и низкой температуре воды на протяжении всего года (средняя годовая температура воды в озере составляет 4,6 °C (Селегей, Селегей, 1978).

Исследование проводили в 2009–2010, 2018–2023 гг. Сетка станций отбора проб фитопланктона в Телецком озере охватывала всю его акваторию в разные гидрологические сезоны (рис. 1). Для анализа состава представителей рода *Mallomonas* вдоль по акватории на озере были выделены пять зон – южная, центральная, северная, основной приток р. Чулышман и единственно вытекающая из озера р. Бия. Для анализа состава в сезонном аспекте полученные пробы были объединены в гидрологическую весну – май, июнь, гидрологическое лето – июль, август, гидрологическую осень – сентябрь, октябрь и зиму – март-апрель. Зимний планктон исследовали в северном замерзающем ежегодно самом крупном на озере Камгинском заливе. Остальная часть акватории в зимний период труднодоступна, потому что полный ледостав на озере устанавливается в последние годы редко, ранее – раз в 8–13 лет (Селегей, Селегей, 1978).

Пробы объемом 30–50 мл профильтровывали на мембранные фильтры «Владипор» диаметром 10 мм с размером пор около 0,8 мкм, затем фильтры промывали 10 мл 96%-го этанола, после высушивали на воздухе и устанавливали на «столики» для электронной микроскопии с помощью двустороннего скотча, напыляли золото-палладиевой смесью и исследовали с помощью СЭМ Hitachi S-3400N (Центр коллективного пользования «Электронная микроскопия» Института водных и экологических проблем СО РАН).

**Результаты и обсуждение.** В результате исследования в пробах фитопланктона Телецкого озера нами было обнаружен 21 вид (24 вида, разновидностей, форм и неопределенных до вида представителей) из р. *Mallomonas*. Стоит

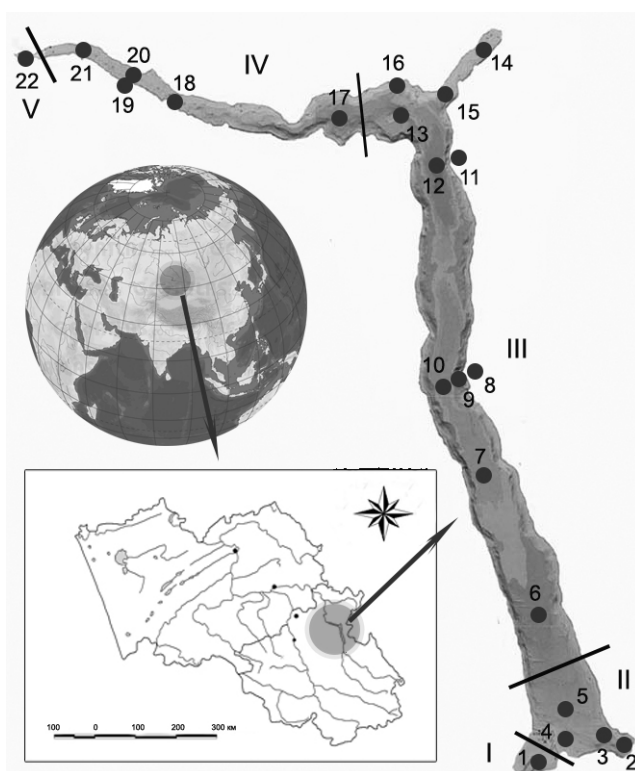


Рис. 1. Карта-схема Телецкого озера с указанием станций отбора проб фитопланктона в 2009–2010, 2018–2023 гг. Станции: 1 – устье р. Чулышман, 2 – Кыгинский залив, литораль, 3 – Кыгинский залив, пелагиаль, 4 – Чулышман, литораль, 5 – Чулышман, пелагиаль, 6 – Беле, пелагиаль, 7 – Челюш, пелагиаль, 8 – устье р. Кокши, 9 – Кокши, литораль, 10 – Кокши, пелагиаль, 11 – устье р. Корбу, 12 – Корбу, пелагиаль, 13 – Яйлю, пелагиаль, 14 – Камгинский залив, литораль, 15 – Камгинский залив, пелагиаль, 16 – Яйлю, литораль, 17 – Колдор, пелагиаль, 18 – Самыш, пелагиаль, 19 – Каменный залив, литораль, 20 – Каменный залив, пелагиаль, 21 – Артыбаш, пелагиаль, 22 – исток р. Бии; Зоны: I – устье р. Чулышман, II – южная, III – центральная, IV – северная, V – исток р. Бии.

отметить, что к началу XXI в. в р. *Mallomonas* было выявлено 12 видов (13 в., р. и ф.) (Митрофанова, 2000), а в начале XX в. – всего один представитель данного рода, *M. elongata* Reverd. (Воронихин, 1940). Недавние исследования нескольких проб фитопланктона в основном прибрежных участков и небольших водоемов в окрестностях озера показали наличие в альгофлоре озера восьми видов (без разновидностей) р. *Mallomonas* (Gusev, Martynenko, 20226). Этими исследователями был описан новый для науки вид *M. altaica* Gusev et Martynenko, который был найден только в одной точке озера – на юге, в Кыгинском заливе.

Наиболее распространенным является *M. alpina*. Это было отмечено как первыми, так и всеми последующими исследователями озера. По нашим данным этот вид встречается во всех обследованных зонах акватории озера, как в литорали, так и пелагиали, а также во все гидрологические сезоны. Его можно встретить, как в период открытой воды, так и подо льдом. К достаточно распространенным видам также можно отнести *M. elongata* Reverd., *M. tonsurata* Teil. и *M. crassisquama* (Asmund) Fott, но эти виды не были отмечены в подледном фитопланктоне озера. Найденные нами ранее *M. akrokomos* Ruttn., *M. caudata* Iwan., *M. coronata* Boloch. и *M. vannigera* Asmund (Митрофанова, 2000) при настоящем исследовании в планктоне озера не отмечены. Большинство видов встречались редко, например, *M. acaroides* var. *acaroides* Perty emend. Iwanoff, *M. punctifera* Korschikov, *M. striata* var. *serrata*, или вовсе единично – *M. costata* Dürschmidt, *M. eoa* Takahashi и некоторые другие. Описанный по пробам из Телецкого озера (Кыгинский залив) Е. Гусевым и Н. Мартыненко (Gusev, Martynenko, 20226) новый вид *M. altaica* нами был обнаружен в истоке р. Бии, т. е. на противоположном по меридиональной оси участке озера, что, возможно, может свидетельствовать о развитии его в озере, но в минимальных количествах, или в определенный период года.

По акватории большинство видов было отмечено на многих участках. Наиболее оригинальной по составу была южная часть озера (рис. 3а), т. е. в ней можно было встретить виды из всех других частей озера и вытекающей р. Бии. Вероятно, условия для развития видов данного рода по всему озеру примерно одинаковы, отличие состоит лишь в наличии более мелководных литоральных участков, где влияние гидродинамического фактора несколько сглажено и разнообразие видов увеличивается. Наиболее банальным по составу, т. е. большинство отмеченных видов в данном районе входило в состав и других частей озера является устье р. Чулышман, т. е. то, что он приносил в озеро можно было найти и на нижележащих по течению точках акватории, в то время как виды с озера в нем отмечены в минимальном количестве. В сезонном аспекте большинство видов отмечено в период открытой воды, т. е. в весенне-летний и осенний периоды, наиболее оригинальным является состав весенне-летнего набора видов р. *Mallomonas* (рис. 3б).

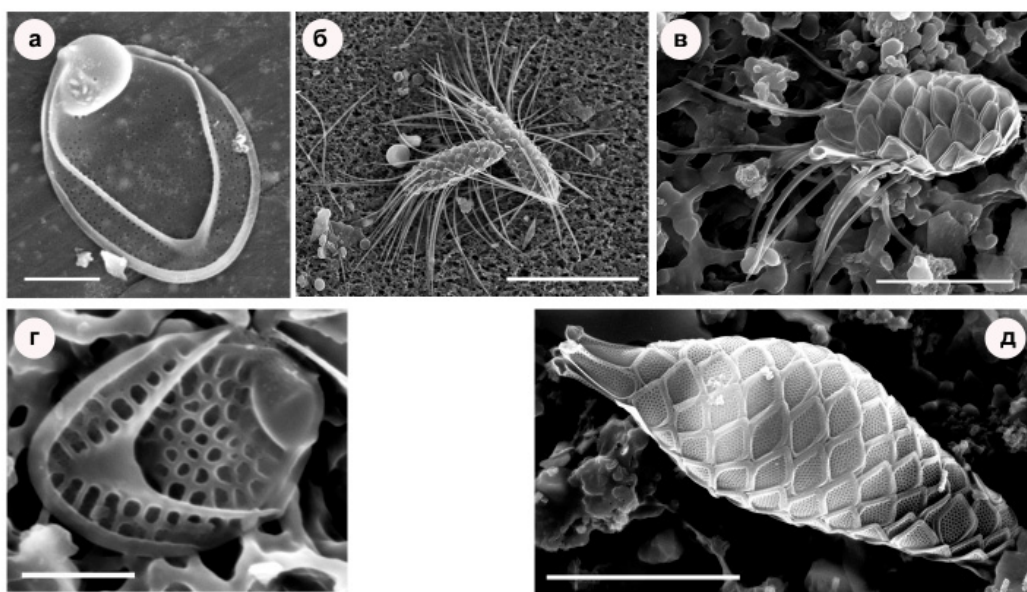


Рис. 2. *Mallomonas alpina* Pasch. et Ruttn. emend. Asmund and Kristiansen (а), *M. elongata* Reverd. (б), *M. tonsurata* Teil. (в), *M. crassisquama* (Asmund) Fott (г) и *M. eoa* (д) в фитопланктоне Телецкого озера. Масштаб: а, г – 2 мкм, б – 50 мкм, в, д – 10 мкм (оригинальные данные).

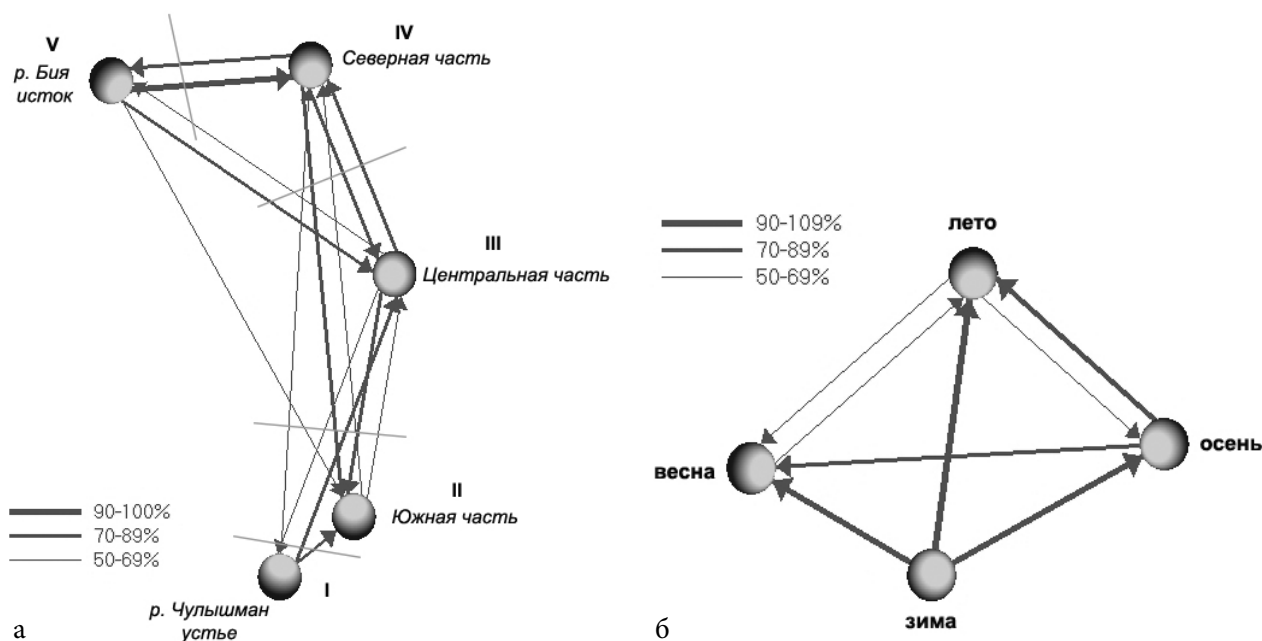


Рис. 3. Ориентированный мультиграф на множестве мер включения состава рода *Mallomonas* по акватории Телецкого озера (а) и в сезонном аспекте (б) (оригинальные данные).

Большинство выявленных видов р. *Mallomonas* являются широко распространенными (космополитами) и встречаются во многих глубоких и мелководных пресных водоемах, некоторые из них, например *M. acaroides*, *M. akrokomos*, *M. caudata*, *M. crassisquama*, *M. elongata*, *M. punctifera*, *M. tonsurata* могут вызывать даже «цветение» воды, т. е. развиваться в больших количествах (Водоросли..., 2006), чего в Телецком озере нами не отмечено.

Таким образом, в Телецком озере выявлен разнообразный состав видов р. *Mallomonas* – 21 вид. Наиболее распространенным в планктоне озера является *Mallomonas alpina*, который отмечен как в период открытой воды, так и зимой подо льдом. Часто встречаются в период открытой воды *M. elongata*, *M. tonsurata* и *M. crassisquama*. Большинство видов отмечены как редкие, которые были обнаружены на некоторых станциях или в отдельные сезоны, причем единично.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН А. В. Дьяченко и А. А. Коломейцеву, а также экипажу НИС 209, базирующего на Телецком озере, за помощь при отборе проб фитопланктона. Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта № 0306-2021-0001 с использованием научного оборудования ЦКП научно-исслед. судами и электронной микроскопии ИВЭП СО РАН.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бессудова А. Ю., Фирсова А. Д., Сорокикова Л. М., Томберг И. В.** Чешуйчатые золотистые водоросли бассейна Нижнего Енисея и заливов Карского моря с элементами аутоэкологии. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2016. – 110 с.
- Бессудова А. Ю., Фирсова А. Д., Томберг И. В., Сорокикова И. В., Лихошвай И. В.** Биоразнообразие чешуйчатых хризифитовых в притоках северной оконечности озера Байкал // *Acta Biologica Sibirica*, 2018. – Vol. 4, № 3. – Р. 75–84.
- Водоросли, вызывающие цветение водоемов Северо-Запада России.** – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 367 с.
- Воронихин Н. Н.** Фитопланктон Телецкого озера // *Споровые растения: Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2.* – Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – Вып. 4. – С. 223–235.
- Митрофанова Е. Ю.** Фитопланктон Телецкого озера: Автореф... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 2000. – 21 с.
- Селегей В. В., Селегей Т. С.** Телецкое озеро. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 142 с.
- Сниттько Л. В., Сниттько В. П., Сафронова Т. В.** Золотистые водоросли водоемов Южного Урала. II. Род *Mallomonas* (Synurophyceae, Mallomonadaceae) // *Ботан. журн.*, 2020. – Т. 105, № 4. – С. 368–383.
- Bessudova A. Ju., Domysheva V. M., Firsova A. D., Likhoshway Y. V.** Silica-scaled chrysophytes of Lake Baikal // *Acta Biologica Sibirica*, 2017. – Vol. 3, № 3. – Р. 47–56.

**Bessudova A. Iu., Firsova A. D., Tomberg I. V., Bayramova E., Khanova D. H., Bedoshvili E. D., Bashenkhaeva M., Kopyrina L. I., Zakharova Y. R., Likhoshway Y. V.** Two new species of silica-scaled chrysophytes (Chrysophyceae, Synurales) *Mallomonas kicherica* and *M. sibirica* water bodies of Eastern Siberia, Russia // *Phytotaxa*, 2023. – Vol. 620, № 1. – P. 59–69.

**Firsova A. D., Bessudova A. Iu., Sorokovikova L. M., Tomberg I. V., Likhoshway Ye. V.** The diversity of chrysophycean algae in an arctic zone of river and sea water mixing, Russia // *Am. J. Plant Sci.*, 2015. – № 6. – P. 2439–2452.

**Gusev E., Martynenko N.** Diversity of Silica-Scaled Chrysophytes in Central Vietnam // *Water*, 2022a. – Vol. 14. – P. 65.

**Gusev E., Martynenko N.** Silica-Scaled Chrysophytes of Teletskoye Lake and Adjacent Area with a Description of a New Species from the Genus *Mallomonas* // *Diversity*, 2022b. – Vol. 14. – P. 1040.

**Selegei V., Dehandschutter B., Klerks J., Vysotsky A.** Physical and geological environment of Lake Teletskoye // *Annales Sciences Geologiques*, 2001. – Vol. 105. – P. 1–310.

**Siver P. A.** The biology of *Mallomonas*: Morphology, taxonomy and ecology. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. – 230 p.