Новый вид рода *Mallomonas* секции *Ouradiotae* (Chrysophyceae, Synurales) из водоемов Вьетнама

Е. С. Гусев[1, 2], Н. А. Шкурина[3], Нгуен Тхи Хай Тхань[2]

[1]Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия
[2]Приморское отделение Совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра, Нячанг, Вьетнам
[3]Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, Борок, Россия
Автор для переписки: Е. С. Гусев, algogus@yandex.ru

Резюме. Приведено описание нового для науки вида синуровых водорослей *Mallomonas doanii* sp. nov., обнаруженного в шести водоемах четырех провинций Вьетнама. Вид относится к секции *Ouradiotae*. Таксон описан на основе морфологии кремнеземных чешуек и щетинок, изученной с использованием трансмиссионной электронной микроскопии. Проведено сравнение *M. doanii* со сходными по морфологии видами *M. ouradion*, *M. cronbergiae*, *M. acidophila* и *M. korshikovii*, а также даны данные о его распространении и условиях обитания.

Ключевые слова: *Mallomonas doanii* sp. nov.*,* Synurales, морфология чешуек, новый вид, ТЭМ, Вьетнам.

A new species of the genus *Mallomonas*, section *Ouradiotae* (Chrysophyceae, Synurales) from waterbodies of Vietnam

E. S. Gusev[1, 2], N. A. Shkurina[3], Nguyen Thi Hai Thanh[2]

[1]A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[2]Coastal Branch of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center, Nha Trang, Vietnam
[3]Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Borok, Russia
Corresponding author: E. S. Gusev, algogus@yandex.ru

Abstract. A new species, *Mallomonas doanii* sp. nov, is described from Vietnam based on the morphology of silica scales and bristles observed using transmission electron microscopy (TEM). Scales of *M. doanii* were found in six localities in four provinces of Vietnam. The species belongs to the section *Ouradiotae*. The scales of the new species are small in size and broadly oval in shape, without a dome, with scattered papillae on the shield and one or two rows of papillae on the anterior flange, a V-rib with a broadly oval base, shifted to the center and continuous with the anterior submarginal ribs. The bristles of *M. doanii* have a wide and flattened base and a bifurcated distal end with a wide, rounded middle part. A comparison with species similar in morphological structure (*M. ouradion*, *M. cronbergiae, M. acidophila* and *M. korshikovii*) and data on the distribution and ecological conditions of the new species are provided.

Keywords: *Mallomonas doanii* sp. nov., Synurales, morphological structure of scales, new species, TEM, Vietnam.

https://doi.org/10.31111/nsnr/2024.58.2.A19
Received: 31 January 2024 Accepted: 22 May 2024 Published: 31 May 2024

Хризофиты (Chrysophyceae) представляют собой широко распространенную группу водорослей, включающую около 1200 видов (Kristiansen, Škaloud, 2017). Молекулярно-генетические исследования показывают, что их разнообразие серьезно недооценено как в пресноводных, так и морских экосистемах (del Campo, Massano, 2011; Bock *et al.*, 2022). Многие группы золотистых водорослей имеют экстрацеллюлярные структуры. Среди них выделяются водоросли порядка Synurales, клетки которых покрыты кремнеземными чешуйками со сложным строением, обычно плотно прилегающими друг к другу с образованием сплошного панциря. Форма и ультраструктура кремнеземных элементов, таких как чешуйки и щетинки, видоспецифичны и имеют диагностическое значение (Kristiansen, 2005; Škaloud *et al.*, 2013). Для синуровых водорослей на основе морфологических признаков, описанных с помощью электронной микроскопии, хорошо разработана концепция вида, которая, в целом, подтверждается молекулярно-генетическими данными (Jo *et al.*, 2011, 2013; Siver *et al.*, 2015). *Mallomonas* Perty, наиболее богатый видами род золотистых водорослей, включает более 220 таксонов, описанных с помощью методов электронной микроскопии и распределенных по 19 секциям (Kristiansen, Preisig, 2007; Siver *et al.*, 2015; Guiry, Guiry, 2024). Представители рода — одноклеточные планктонные организмы, широко распространенные в различных пресноводных местообитаниях от полярных регионов до тропиков (Kristiansen, 2001, 2008). Несколько видов обнаружены также в морских условиях (Jeong *et al.*, 2019).

Изначально считалось, что основное разнообразие чешуйчатых хризофитовых водорослей, куда входят и синуровые водоросли, сосредоточено в водоемах умеренной зоны (Kristiansen, 2008). Однако интенсивные исследования тропического региона, начатые в конце 1970-х гг., показали, что разнообразие рода *Mallomonas* в тропиках довольно велико, охватывает более 150 таксонов, в том числе редких и эндемичных из Южной и Центральной Америки (Wujek, 1984; Cronberg, 1989), Африки (Compère, 1974; Hansen, Kristiansen, 1995; Hansen, 1996), Юго-Восточной Азии (Takahashi, Hayakawa, 1979; Dürrschmidt, Croome, 1985; Dürrschmidt, Cronberg, 1989; Wei, Yuan, 2001; Neustupa, Řezáčová, 2007) и Индонезии (Vyverman, Cronberg, 1993; Kapustin, Gusev, 2019; Gusev *et al.*, 2022c). За последнее десятилетие было описано несколько новых тропических видов из Африки (Němcová *et al.*, 2011; Němcová, Kreidlová, 2013; Piątek, 2015; Piątek, Łukaszek, 2016) и Индонезии (Kapustin *et al.*, 2019).

Недавние подробные исследования чешуйчатых хризофитовых водорослей в горных и прибрежных районах Вьетнама выявили богатую флору рода *Mallomonas* (Doan *et al.*, 2021; Gusev *et al.*, 2023a).

При изучении Вьетнама в различных регионах очень редко и в малом количестве обнаруживали организмы, которые по морфологическим признакам чешуек относили к секции *Ouradiotae* Asmund et Kristiansen и идентифицировали как *Mallomonas* cf. *ouradion* Harris et Bradley (Gusev, Martynenko, 2022; Gusev *et* *al*., 2022a). В настоящей работе мы обобщили данные об этом очень редком таксоне и описываем новый для науки вид.

Материал и методы

Пробы для настоящего исследования были отобраны в четырех провинциях Вьетнама, где изучено 6 водоемов (табл. 1, Fig. 1). Один болотный водоем был изучен в 2015 г. на о. Фу Куок, провинция Киен Зянг; в провинции Тхыа Тхьен Хюэ исследовано оз. Бау Сен в 2019 г. и безымянный водоем в 2022 г.; в провинции Фу Йен изучены 2 водоема в 2018 г., и в провинции Донг Най исследован болотный водоем в национальном парке Кат Тьен в 2014 г. (табл. 1). Подробные данные о географическом положении и климатических особенностях регионов приведены в работах Gusev *et al.* (2017, 2022a) и Gusev, Martynenko (2022).

Таблица 1 / Table 1

Физико-химические характеристики исследованных водоемов Вьетнама
Physico-chemical characteristics of the studied localities in Vietnam

(№ — номер водоема / locality number; pH — водородный показатель; Cond. — удельная электропроводность, мкСм/см / specific conductance, µS/cm; T — температура, °C / temperature, °C; Chl *a* — хлорофилл *a*, мкг/л / chlorophyll *a*, µg/l, «–» — измерения не проводились / measurements were not performed)

№	Водоем / Locality	Координаты / Coordinates	pH	Cond.	T	Chl *a*
О. Фу Куок, провинция Кьен Зянг (Phú Quốc Island, Kiên Giang Province)						
1	Болотный водоем в верховьях р. Зыонг Зонг (Swamp in the upper stream of Dương Đông river)	10°13.908′N 103°59.114′E	4.7	25	29	–
Провинция Донг Най (Đồng Nai Province)						
2	Болотный водоем, кордон Дак Луа в национальном парке Кат Тьен (Swamp, Đắc Lua, Cat Tien National park)	11°30.607′N 107°23.037′E	5.2	10	24	–
Провинция Фу Йен (Phú Yên Province)						
3	Пруд рядом с вдхр. Донг Хон (Pond near Đồng Khôn reservoir)	12°55.510′N 109°19.759′E	6.0	54	28	3
4	Водоем рядом с водопадом Хли Шонг Нинь (Pudle near waterfall H’Ly Song Hinh)	12°49.772′N 108°55.129′E	6.6	55	30	–
Провинция Тхыа Тхьен Хюэ (Thừa Thiên Huế Province)						
5	Оз. Бау Сен (Bàu Sen Lake)	16°34.173′N 107°26.502′E	5.0	37	30	50
6	Безымянное водохранилище (unnamed reservoir)	16°39.777′N 107°21.905′E	5.0	18	26	21

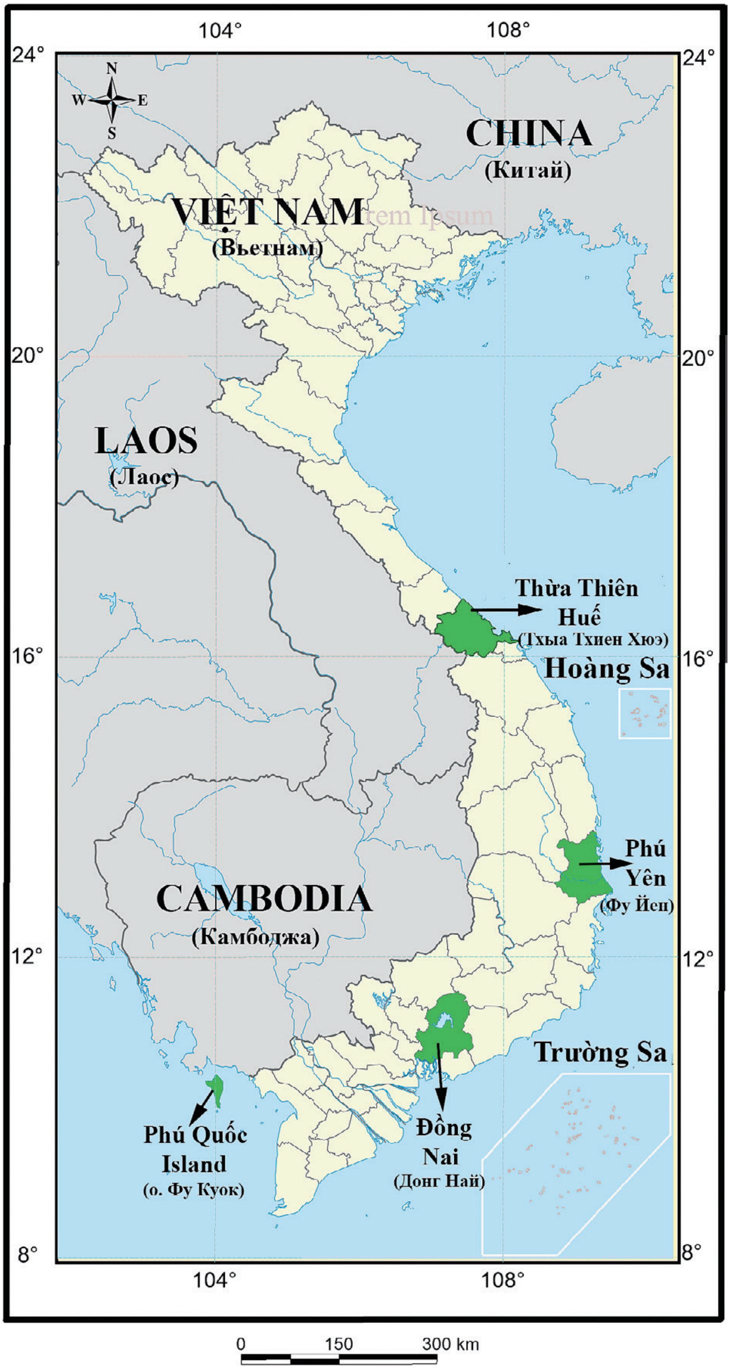

Fig. 1. Карта-схема изученных провинций Вьетнама. Стрелками отмечены исследованные провинции / Map of the studied provinces of Vietnam. The arrows indicate investigated provinces.

Качественные пробы фитопланктона собирали в поверхностном слое водоемов сачком из мельничного газа с размером ячеи 20 мкм. Пробы фиксировали раствором Люголя. Для изучения водорослей при помощи трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) пробы концентрировали и отмывали 3 раза в дистиллированной воде. При изучении водорослей на ТЭМ осадок помещали на сетки, покрытые формваровой пленкой (EMS FF200-Cu-50, Electron Microscopy Sciences), и исследовали на микроскопе JEM-1011. Измерения удельной электропроводности, pH и температуры проводили на приборе Hanna HI 9828 (Hanna Instruments, Inc., США). Измерения хлорофилла *a* проводили флуорометрически с помощью прибора *Aqua*Fluor (Turner Designs, США). Пробы хранятся в коллекции Е. С. Гусева, Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН.

Результаты

В результате исследований водоемов четырех провинций Вьетнама был обнаружен новый для науки вид рода *Mallomonas*. Ниже приведено его описание.

Mallomonas doanii E. S. Gusev et Shkurina, sp. nov. (Fig. 2)
≡ *Mallomonas* cf. *ouradion* Harris et Bradley sensu Gusev, Martynenko, 2022; Gusev *et al.*, 2022a.

Cell dimensions unknown. Scales (n=20) wide oval or obovoid, 3.1–3.7 × 2.0–2.4 µm, domeless, with a V-rib, anterior submarginal ribs, a shield, anterior and posterior flanges, and a posterior rim. The base plate devoid of pores. The shield ornamented with papillae. The V-rib rounded, with internal struts, with a broad and U-shaped base, slightly hooded, with arms that are continuous with the anterior submarginal ribs. The anterior submarginal ribs weakly developed, thin, reached the distal part and curved along the edge of the scale. The anterior flange with one or two rows of papillae. The posterior rim wide (0.29–0.37 µm) and encircles about one half of the scale perimeter. The posterior flange is wide and smooth. Bristles (n=6) 4.3–5.1 µm long, straight, with a wide flattened foot, gutter-shaped bristle shaft, and a bifurcated apical tip with a wide, rounded middle part. Cysts unknown.

Diagnosis. The most similar to *Mallomonas doanii* in the morphological structure of scales is *M. ouradion*. The scales of *M. doanii* are smaller in size than those of *M. ouradion* (3.1–3.7 × 2.0–2.4 µm vs. 5–7 × 3–4 µm). The scales of *M. doanii* are broadly oval in shape, in contrast to the more elongated scales of *M. ouradion*. *Mallomonas doanii* has well-developed internal struts of the V-shaped rib, which are not reported for *M. ouradion*. The anterior submarginal ribs of *M. doanii* are short and less developed (thinner) than those of *M. ouradion*, in which they are thicker and often surround the shield. The scales of *M. doanii* have distinct rows of papillae on the anterior flange, while the anterior flange of *M. ouradion* is smooth, without structural elements, only occasionally with a small number of papillae. The length of the bristles of *M. doanii* is 4.3–5.1 µm long vs. 4–12 µm for *M. ouradion*. *Mallomonas doanii* is also similar to *M. cronbergiae*. The sizes of the scales of the two species are similar, but their shapes are different. *Mallomonas doanii* has broadly oval or obovoid scales and a rounded V-rib with a broad and U-shaped base vs. elongated oval scales and V-rib with a sharp angle of *M. cronbergiae*. *Mallomonas doanii* has thin anterior submarginal ribs and only one or two rows of small papillae on the anterior flange vs. no anterior submarginal ribs on the scales, the anterior flange is raised and densely covered with papillae. The scale shield of *M. doanii* is covered with scattered papillae with low density vs. covered with large, evenly spaced and tightly adjacent papillae, hexagonal in shape. The entire basal plate of *M. doanii* does not contain visible pores vs. 3–7 large pores on the posterior flange of *M. cronbergiae*. The scales of *M. doanii* are domeless. Based on images of the type specimen, it can be assumed that the scales *M. cronbergiae* have a dome. The structure of the bristles is also different. The base of the bristles of *M. doanii* is wide and flattened, and the forked distal end has a wide rounded middle part vs. the bristles with a narrow curved foot and a distal end forked at an acute angle.

Holotype: portion of a single gathering of cells on TEM grid number TTH55 deposited at the Herbarium, Komarov Botanical Institute RAS (LE), St. Petersburg, Russia (LE A0006502). Figure 2B is a representative scale from the type specimen.

Type locality: Vietnam, Thừa Thiên Huế Province, Phong Điền District, unnamed swamp water body, 16°39.777′N, 107°21.905′E, phytoplankton, 28 X 2022, *E. Gusev*. At the time of collection, the pH was 5.0, temperature 26 °C, and specific conductance 21 μS/cm.

Etymology: the epithet is named in honor of scientist Doan Nhu Hai (Vietnam), a well-known expert in tropical algae.

Distribution: to date, *Mallomonas doanii* has been observed in six localities in Vietnam. In addition to the type locality, it has been found in Kiên Giang, Đồng Nai and Phú Yên provinces (Table 1).

Observations: *Mallomonas doanii* was found in acidic conditions (pH 4.7–6.6), low values of specific conductance (10–55 μS/cm), and high temperature (24–32 °C). This species was found from mesotrophic to hypereutrophic conditions assessed by chlorophyll *a* concentrations.

Описание нового вида

Размеры клеток неизвестны. Чешуйки широкоовальные или обратнояйцевидные, 3.1–3.7 × 2.0–2.4 мкм, без купола, с V-образным ребром, передними субмаргинальными (антериальными) ребрами, центральным полем, передней (антериальной) и задней кромками, задним ободком. Базальная пластинка чешуйки лишена пор. Центральное поле орнаментировано многочисленными папиллами. V-образное ребро округлое, с внутренними распорками, широким U-образным основанием, небольшим капюшоном, соединено с антериальными ребрами. Антериальные ребра развиты слабо, тонкие, достигают дистальной части и изогнуты вдоль края чешуек. Передняя кромка с одним или двумя рядами папилл. Задний ободок широкий, 0.29–0.37 мкм шир., и охватывает около половины периметра чешуйки. Задняя кромка широкая и гладкая. Щетинки 4.3–5.1 мкм дл., прямые,

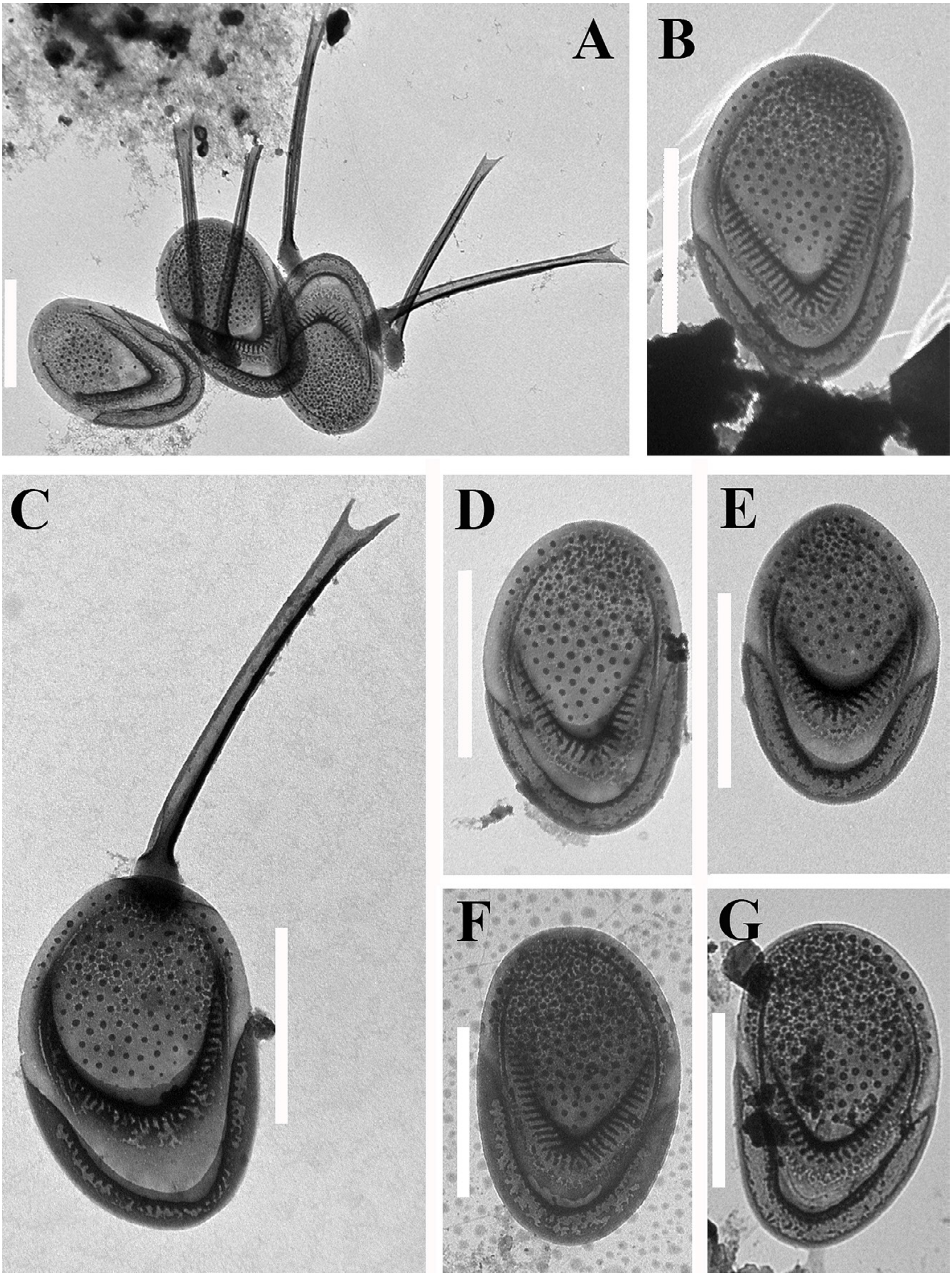

Fig. 2. Чешуйки *Mallomonas doanii* sp. nov., ТЭМ / Scales of *Mallomonas doanii* sp. nov., TEM. A — группа чешуек с щетинками / group of scales with bristles; B — одиночная чешуйка (LE A0006502, чешуйка типового образца) / single scale (LE A0006502, a representative scale from the type specimen); C — чешуйка с прикрепленной щетинкой / scale with attached bristle; D–G — отдельные чешуйки / individual scales. Масштабные линейки / Scale bars: 2 μm.

с широкой уплощенной ножкой, желобчатым стержнем и раздвоенным дистальным концом с широкой закругленной средней частью. Цисты неизвестны.

Диагноз. Наиболее сходным с *Mallomonas doanii* по морфологическому строению чешуек является *M. ouradion*. Чешуйки *M. doanii* меньше, чем у *M. ouradion* (3.1–3.7 × 2.0–2.4 мкм против 5–7 × 3–4 мкм), имеют широкоовальную форму в отличие от более удлиненных чешуек *M. ouradion*. Передние субмаргинальные ребра *M. doanii* короткие и менее развиты, чем у *M. ouradion*. Чешуйки *M. doanii* имеют отчетливые ряды папилл на передней кромке, тогда как у *M. ouradion* передняя кромка гладкая, без структурных элементов, лишь изредка с небольшим количеством папилл. Длина щетинок *M. doanii* составляет 4.3–5.1 мкм, а у *M. ouradion* — 4–12 мкм.

Mallomonas doanii также имеет сходство с *M. cronbergiae*. Размеры чешуек обоих видов сходные. *Mallomonas doanii* имеет широкоовальные или яйцевидные чешуйки и округлое V-образное ребро с широким U-образным основанием в отличие от удлиненно-овальных чешуек и V-образного ребра с острым углом у *M. cronbergiae*. У *M. doanii* имеются антериальные ребра, у *M. cronbergiae* они отсутствуют. На передней кромке *M. doanii* один–два ряда мелких папилл, а у *M. cronbergiae* эта область приподнятая и плотно покрыта папиллами. Центральное поле чешуек *M. doanii* покрыто рассеянными папиллами, а у *M. cronbergiae* – крупными, равномерно расположенными и плотно прилегающими папиллами шестиугольной формы. Вся базальная пластинка чешуек *M. doanii* не содержит пор, а у *M. cronbergiae* имеется 3–7 крупных пор на задней кромке. Чешуйки *M. doanii* не имеют купола, а у *M. cronbergiae* он присутствует. Строение щетинок также различно: основание щетинок *M. doanii* широкое и уплощенное, раздвоенный дистальный конец имеет широкую закругленную среднюю часть; щетинки *M. cronbergiae* имеют узкую изогнутую ножку и дистальный конец, раздвоенный под острым углом.

Голотип: образцы клеток из одного сбора на сетке ТЭМ с номером TTH55, хранятся в Гербарии Ботанического Института им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия (LE A0006502). Рисунок 2B — изображение чешуйки типового образца.

Типовое местонахождение: Вьетнам, безымянный болотный водоем в провинции Тхыа Тхиен Хюэ, р-н Фонг Динь, 16°39.777′N, 107°21.905′E, фитопланктон, 28 X 2022, *Е. Гусев*. Во время отбора образца были зафиксированы следующие параметры: pH=5.0, температура равнялась 26 °C, удельная электропроводность составляла 21 мкСм/см.

Этимология: вид назван в честь Доан Не Хай (Вьетнам), известного специалиста по тропическим водорослям.

Распространение: вид *Mallomonas doanii* обнаружен в шести водоемах Вьетнама. Помимо типового местонахождения, он обнаружен в провинциях Киен Зянг, Донг Най и Фу Йен (табл. 1).

Экология: вид *Mallomonas doanii* обнаружен в закисленных водоемах (pH 4.7–6.6), при низких значениях удельной проводимости (10–55 мкСм/см) и высокой температуре (24–32 °C). Этот вид встречался в условиях от мезотрофных до гиперэвтрофных на основании данных по содержанию хлорофилла *a*.

Обсуждение

Mallomonas doanii относится к секции *Ouradiotae*, для представителей которой характерны такие признаки, как отсутствие купола на чешуйках, наличие закругленного V-образного ребра и центрального поля с папиллами (Asmund, Kristiansen, 1986). В настоящее время секция включает всего три вида и одну разновидность (Kristiansen, Preisig, 2007; Piątek, Łukaszek, 2016). Также новый вид имеет сходство с некоторыми представителями секции *Papillosae*, в частности с *M. acidophila* Gusev et Shkurina и *M. korshikovii* Gusev. Виды секции *Papillosae* имеют сходный план строения чешуек с таксонами из секции *Ouradiotae*, однако хорошо отличаются наличием купола.

Наиболее сходным с *Mallomonas doanii* по морфологическому строению чешуек является *M. ouradion* (табл. 2, электронное приложение[1]), достаточно редкий вид с разорванным ареалом (Kristiansen, Preisig, 2007), который был описан из Великобритании (Harris, Bradley, 1958). Чешуйки *M. ouradion* имеют больший размер и более вытянутые, в отличие от широкоовальных чешуек *M. doanii*. Строение V-образного ребра сходно у двух видов. Однако у *M. doanii* присутствуют хорошо развитые внутренние структуры V-образного ребра (проявляются в виде штриховки на изображениях), что не указано для *M. ouradion*. Антериальные ребра у *M. ouradion* развиты в бóльшей степени, чем у нового вида. Часто антериальные ребра на чешуйках *M. ouradion* целиком окружают центральное поле, сливаясь в дистальной части (Asmund, Kristiansen, 1986), что не наблюдается у *M. doanii*. В описании *M. ouradion* указано, что кромки гладкие, без структурных элементов. Однако на некоторых чешуйках из типового местообитания имеются папиллы в дистальной части передней кромки, но развитые в меньшей степени, чем у *M. doanii*, на чешуйках которого имеются отчетливые ряды из папилл на передних кромках. Строение щетинок у обоих видов сходно, но у *M. ouradion* они более длинные. Для *M. ouradion* отмечается, что к чешуйке может прикрепляться от 3 до 5 щетинок одновременно (Harris, Bradley, 1958) — признак, возможно характерный и для *M. doanii*, исходя из сходства в строении чешуек.

Два других таксона из секции *Ouradiotae*, *Mallomonas parvula* Dürrschm. var. *parvula* и *M. parvula* var. *nichollsii* Wujek et R.G. Bland отличаются строением щетинок, формой чешуек, орнаментацией центрального поля и строением задней кромки (табл. 2, электронное приложение).

Недавно из Африки (Камерун) был описан еще один таксон, сходный по ультраструктуре с *Mallomonas ouradion* и *M. doanii* и отнесенный авторами к секции *Ouradiotae*, — *M. cronbergiae* (Piątek, Łukaszek, 2016). Сразу следует указать, что на изображениях типового материала *M. cronbergiae* в дистальной части

[1] Электронное приложение доступно в конце страницы статьи на сайте журнала / Electronic supplement is available at the end of the article page on the journal website (https://doi.org/10.31111/nsnr/2024.58.2.A19).

чешуек заметны небольшие поднятия округлой формы, напоминающие купол, а на обратной стороне чешуек заметны характерные для купола углубления. Поэтому на основе наличия купола и особенностях строения чешуек мы рассматриваем *M. cronbergiae* в пределах секции *Papillosae*, в частности в группе *M. rasilis*, которая требует ревизии (Gusev *et al*., 2018). Размеры чешуек обоих видов сходные, но отличаются формой. У *M. cronbergiae* отсутствуют антериальные ребра, антериальная кромка приподнята и плотно покрыта папиллами, а центральное поле покрыто бóльшими по размеру равномерно расположенными и плотно прилегающими друг к другу папиллами, шестиугольными по форме. Эти признаки также существенно отличают этот вид от *M. doanii*. Важным отличительным признаком стоит считать наличие 3–7 крупных пор на задней кромке на чешуйках *M. cronbergiae*.

Еще один вид, который имеет сходство с *Mallomonas doanii*, — это *M. acidophila*, занимающий промежуточное положение между представителями секций *Ouradiotae* и *Papillosae* (Gusev *et al*., 2023b). Отличительные признаки секции *Papillosae* — наличие папилл на центральном поле чешуек и купола на всех чешуйках, к куполу может прикрепляться только одна щетинка (Kristiansen, Preisig, 2007). *Mallomonas acidophila* хорошо отличается от *M. ouradion* и *M. doanii* наличием слаборазвитого и смещенного от дистального края удлиненного купола, а также своеобразным строением щетинок с широкой уплощенной крючкообразной ножкой. Однако, в целом, план строения чешуек у этих трех видов сходен. От нового вида *M. acidophila*, помимо указанных признаков, отличается более крупными размерами чешуек (4.3–5.6 × 2.4–3.5 мкм), наличием окаймленной поры в углу V-образного ребра, отсутствием ряда папилл на антериальной кромке и формой чешуек.

Сходство с *Mallomonas doanii* имеет также *M. korshikovii* из секции *Papillosae* (Gusev, 2013). Чешуйки двух видов имеют сходные форму и размеры, форму и положение V-образного ребра, орнаментацию папиллами антериальной кромки, где они расположены в ряд. Основное отличие двух видов — это наличие купола у *M. korshikovii*. Среди отличительных признаков также расположение папилл в форме гексагональной ретикуляции с небольшой папиллой в центре на центральном поле чешуек *M. korshikovii*, в то время как у *M. doanii* папиллы рассеяны по центральному полю. На чешуйках *M. korshikovii* отсутствуют антериальные ребра, а у *M. doanii* они развиты. Щетинки двух видов также различаются по строению: у *M. korshikovii* имеют узкую загнутую под 90 градусов относительно оси ножку и раздвоенный под острым углом дистальный конец; у *M. doanii* основание щетинки широкое и уплощенное, загнутое не более чем на 45 градусов относительно оси, а раздвоенный дистальный конец имеет широкую закругленную среднюю часть.

К настоящему времени известны находки *Mallomonas doanii* только в шести водоемах различного происхождения на территории четырех провинций Вьетнама. Учитывая то, что уже проведены обширные исследования в Северном

(Gusev *et al.*, 2021), Центральном (Gusev, Nguyen, 2011; Gusev *et al.*, 2019; Doan *et al.*, 2021; Gusev, Martynenko, 2022) и Южном Вьетнаме (Gusev *et al.*, 2017, 2022b), а также на островах (Gusev *et al.*, 2022a), включавшие изучение флоры более чем 400 водоемов и водотоков различного типа, можно констатировать, что данный вид относится к редким и эндемичным видам Вьетнама.

Здесь следует отметить особую роль болотных систем и водоемов с низкими значениями pH в формировании флоры золотистых водорослей Вьетнама. Бóльшая часть новых видов из Вьетнама была описана из водоемов, имеющих значения pH меньше 7: *Mallomonas korshikovii*, *M. punctostriata* E. S. Gusev et Kulikovskiy, *M. collucata* E. S. Gusev et Kulikovskiy, *M. fimbriata* E. S. Gusev, *M. fragariformis* E. S. Gusev et al., *M. gusakovii* E. S. Gusev et al., *M. minuscula* E. S. Gusev et al., *M. cattiensis* E. S. Gusev et al., *M. furtiva* E. S. Gusev et al., *M. lusca* E. S. Gusev et Kezlya и *M. velari* E. S. Gusev et al. Многие из указанных видов относятся к очень редким таксонам, известным из одного или нескольких водоемов (Gusev *et al.*, 2023a), что определяет важность охраны подобных местообитаний в стране.

Благодарности

Авторы глубоко признательны вьетнамским и российским коллегам, администрации и персоналу Тропического центра за помощь в организации и выполнении экспедиционных работ, а также персоналу Центра коллективного пользования электронной микроскопии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН за помощь при работе с электронными микроскопами. Обработка проб, идентификация и пробоподготовка выполнены при поддержке гранта РНФ (проект № 20–14–00211, https://rscf.ru/project/20-14-00211/). Анализ физико-химических параметров выполнен в рамках государственного задания № 124032100076-2 (ИБВВ РАН). Сбор проб осуществлен в рамках экспедиций Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра (тема Эколан 3.2.).

Вклад авторов: Гусев Е. С. — сбор материала, работа с электронным микроскопом, анализ данных, написание статьи, Шкурина Н. А. — работа с электронным микроскопом, измерения, Нгуйен Тхи Хай Тхань — организация экспедиций, оформление разрешений, сбор проб.

References / Литература

Asmund B., Kristiansen J. 1986. The genus *Mallomonas* (Chrysophyceae). A taxonomic survey based on the ultrastructure of silica scales and bristles. *Opera Botanica* 85: 1–128.

Bock C., Olefeld J. L., Vogt J. C., Albach D. C., Boenigk J. 2022. Phylogenetic and functional diversity of Chrysophyceae in inland waters. *Organisms Diversity & Evolution* 22(2): 327–341. https://doi.org/10.1007/s13127-022-00554-y

Čertnerová D., Čertner M., Škaloud P. 2019. Molecular phylogeny and evolution of phenotype in silica-scaled chrysophyte genus *Mallomonas*. *Journal of Phycology* 55(4): 912–923. https://doi.org/10.1111/jpy.12882

Compère P. 1974. *Mallomonas bronchartiana*, Chrysophyceé nouvelle du lac Tchad. *Bulletin du Jardin botanique National de Belgique* 44: 61–63. https://doi.org/10.2307/3667427

Cronberg G. 1989. Scaled chrysophytes from the tropics. *Nova Hedwigia Beiheft* 95: 191–232.

del Campo J., Massana R. 2011. Emerging diversity within chrysophytes, choanoflagellates and bicosoecids based on molecular surveys. *Protist* 162(3): 435–448. https://doi.org/10.1016/j.protis.2010.10.003

Doan-Nhu H., Thi-Tinh T., Gusev E., Kulikovskiy M., Phan-Tan L., Nguyen-Ngoc L. 2021. Taxonomic composition of silica-scaled chrysophytes in a tropical mountain reservoir. *Inland Water Biology* 14(5): 490–499. https://doi.org/10.1134/S1995082921050060

Dürrschmidt M., Croome R. 1985. Mallomonadaceae (Chrysophyceae) from Malaysia and Australia. *Nordic Journal of Botany* 5: 285–298. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1985.tb01657.x

Dürrschmidt M., Cronberg G. 1989. Contribution to the knowledge of tropical chrysophytes: Mallomonadaceae and Paraphysomonadaceae from Sri Lanka. *Algological Studies* 54: 15–37.

Guiry M. D., Guiry G. M. 2024. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. https://www.algaebase.org (Date of access: 29 I 2024).

Gusev E. S. 2013. Studies on synurophycean algae from mangrove wetlands (Vietnam). *Nova Hedwigia Beiheft* 142: 87–95.

Gusev E., Martynenko N. 2022. Diversity of silica-scaled chrysophytes in Central Vietnam. *Water* 14(1): 65. https://doi.org/10.3390/w14010065

Gusev E. S., Nguyen T. H. T. 2011. Silica-scaled chrysophytes (Chrysophyceae and Synurophyceae) from Vietnam (Khanh Hoa and Quang Nam provinces). *Nova Hedwigia* 93(1–2): 191–199. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0093-0191

Gusev E. S., Doan-Nhu H., Nguyen-Ngoc L. 2017. Silica-scaled chrysophytes from Cat Tien National Park (Dong Nai Province, Vietnam). *Nova Hedwigia* 105(3–4): 347–364. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2017/0416

Gusev E. S., Čertnerová D., Škaloudová M., Škaloud P. 2018. Exploring cryptic diversity and distribution patterns in the *Mallomonas kalinae/rasilis* species complex with a description of a new taxon — *Mallomonas furtiva* sp. nov. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 65(1): 38–47. https://doi.org/10.1111/jeu.12427

Gusev E. S., Doan-Nhu H., Nguyen-Ngoc L., Guseva E. E., Luom P. T. 2019. Silica-scaled chrysophytes from Cam Ranh Peninsula (Khanh Hoa Province, Vietnam). *Nova Hedwigia Beiheft* 148: 63–76. https://doi.org/10.1127/nova-suppl/2019/077

Gusev E., Martynenko N., Tran Hoan. 2021. Studies on algae from the order Synurales (Chrysophyceae) in Northern Vietnam. *Diversity* 13(11): 602. https://doi.org/10.3390/d13110602

Gusev E., Martynenko N., Kapustin D., Doan-Nhu H., Nguyen-Ngoc L. 2022a. Diversity of silica-scaled chrysophytes of two tropical islands: Phu Quoc and Con Son (Viet Nam). *Life* 12(10): 1611. https://doi.org/10.3390/life12101611

Gusev E. S., Guseva E. E., Dien T. D., Kulikovskiy M. S. 2022b. Flora of silica-scaled chrysophytes (Chrysophyceae) of two provinces in Southern Viet Nam. *Inland Water Biology* 15(3): 205–216. https://doi.org/10.1134/S1995082922030063

Gusev E., Kapustin D., Martynenko N., Kulikovskiy M. 2022c. Diversity of silica-scaled chrysophytes (Stramenopiles: Chrysophyceae) from Indonesian Papua. *Diversity* 14(9): 726. https://doi.org/10.3390/d14090726

Gusev E., Martynenko N., Shkurina N., Huan P.T., Dien T. D., Thanh N. T. H. 2023a. An annotated checklist of algae from the order Synurales (Chrysophyceae) of Viet Nam. *Diversity* 15(2): 183. https://doi.org/10.3390/d15020183

Gusev E., Shkurina N., Huan P. T. 2023b. *Mallomonas acidophila* sp. nov. (Synurales, Chrysophyceae) — a new species from the tropics with morphological features of fossil taxa. *Phytotaxa* 620(2): 157–166. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.620.2.3

Hansen P. 1996. Silica-scaled Chrysophyceae and Synurophyceae from Madagascar. *Archiv für Protistenkunde* 147(2): 145–172. https://doi.org/10.1016/S0003-9365(96)80030-3

Hansen P., Kristiansen J. 1995. *Mallomonas madagascariensis*, *M. lemuriocellata* and *M. crocodilorum* (Synurophyceae), three new species from Madagascar. *Nordic Journal of Botany* 15(2): 215–223. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1995.tb00146.x

Harris K., Bradley D. E. 1958. Some unusual Chrysophyceae studied in the electron microscope. *Microbiology* 18(1): 71–83. https://doi.org/10.1099/00221287-18-1-71

Jeong M., Kim J. I., Jo B. Y., Kim H. S., Siver P. A., Shin W. 2019. Surviving the marine environment: two new species of *Mallomonas* (Synurophyceae). *Phycologia* 58(3): 276–286. https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1565718

Jo B. Y., Shin W., Boo S. M., Kim H. S., Siver P. A. 2011. Studies on ultrastructure and three-gene phylogeny of the genus *Mallomonas* (Synurophyceae). *Journal of Phycology* 47(2): 415–425. https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00953.x

Jo B. Y., Shin W., Kim H. S., Siver P. A., Andersen R. A. 2013. Phylogeny of the genus *Mallomonas* (Synurophyceae) and descriptions of five new species on the basis of morphological evidence. *Phycologia* 52(3): 266–278. https://doi.org/10.2216/12-107.1

Kapustin D. A., Gusev E. S. 2019. Silica-scaled chrysophytes from West Java (Indonesia) including description of a new *Chrysosphaerella* species. *Nova Hedwigia Beiheft* 148: 11–20. https://doi.org/10.1127/nova-suppl/2019/025

Kapustin D. A., Gusev E. S., Kulikovskiy M. S. 2019. *Mallomonas papuensis* sp. nov. (Chrysophyceae, Synurales), a new species from the high mountain bog pool in Papua province, Indonesia. *Phytotaxa* 402(6): 281–287. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.402.6.2

Kristiansen J. 2001. Biogeography of silica-scaled chrysophytes. *Nova Hedwigia Beiheft* 122: 23–39.

Kristiansen J. 2005. *Golden algae: a biology of chrysophytes*. Koenigstein: 167 p.

Kristiansen J. 2008. Dispersal and biogeography of silica-scaled chrysophytes. *Biodiversity and Conservation* 17: 419–426. https://doi.org/10.1007/s10531-007-9259-2

Kristiansen J., Preisig H. R. 2007. Chrysophyte und Haptophyte Algae 2. Teil: Synurophyceae. *Süsswasserflora von Mitteleuropa, Bd 1/2. 2nd Ed.* Berlin; Heidelberg: 252 S.

Kristiansen J., Škaloud P. 2017. Chrysophyta. *Handbook of the Protists. 2nd Ed.* Cham: 331–366. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28149-0_43

Němcová Y., Bulant P., Kristiansen J. 2011. *Mallomonas solea-ferrea* and *Mallomonas siveri* (Chrysophyceae/Synurophyceae): two new taxa from the Western Cape (South Africa). *Nova Hedwigia* 93(3): 375. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0093-0375

Němcová Y., Kreidlova J. 2013. Two new species of *Mallomonas* (Chrysophyceae: Synurales): *Mallomonas temonis* and *Mallomonas divida*. *Phytotaxa* 87(1): 11–18. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.87.1.2

Neustupa J., Rezácová M. 2007. The genus *Mallomonas* (Mallomonadales, Synurophyceae) in several Southeast Asian urban water bodies — the biogeographic implications. *Nova Hedwigia* 84: 249–259. https://doi.org/10.1127/0029-5035/2007/0084-0249

Piątek J. 2015. *Mallomonas camerunensis* sp. nov. (Chrysophyceae, Stramenopiles) from a shallow puddle in the Guineo-Congolian rainforest (Cameroon). *Polish Botanical Journal* 60: 119–126. https://doi.org/10.1515/pbj-2015-0033

Piątek J., Łukaszek M. 2016. *Mallomonas cronbergiae* (Chrysophyceae, Stramenopiles), a new species from the Guineo-Congolian rainforest in Cameroon. *Polish Botanical Journal* 61: 199–204. https://doi.org/10.1515/pbj-2016-0029

Siver P. A., Jo B. Y., Kim J. I., Shin W., Lott A. M., Wolfe A. P. 2015. Assessing the evolutionary history of the class Synurophyceae (Heterokonta) using molecular, morphometric, and paleobiological approaches. *American Journal of Botany* 102: 921–941. https://doi.org/10.3732/ajb.1500004

Škaloud P., Kristiansen J., Škaloudová M. 2013. Developments in the taxonomy of silica-scaled chrysophytes — from morphological and ultrastructural to molecular approaches. *Nordic Journal of Botany* 31: 385–402. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2013.00119.x

Takahashi E., Hayakawa T. 1979. The Synuraceae (Chrysophyceae) in Bangladesh. *Phykos* 18: 129–147.

Vyverman W., Cronberg G. 1993. Scale bearing chrysophytes from Papua New Guinea. *Nordic Journal of Botany* 13: 111–120. https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1993.tb00022.x

Wei Y. X., Yuan X. P. 2001. Studies on silica-scaled Chrysophytes from the tropics and subtropics of China. *Nova Hedwigia Beiheft* 122: 169–187.

Wujek D. 1984. Scale bearing Chrysophyceae (Mallomonadaceae) from North-Central Costa Rica. *Brenesia* 22: 309–313.