

УДК 582.251

НОВЫЙ ВИД *Mallomonas limbata* sp. nov. (Synurales, Chrysophyceae) ИЗ ВОДОЕМОВ ВЬЕТНАМА

© 2024 г. Т. В. Сафронова^{a,*}, Е. С. Гусев^b, Нгуен Тхи Лан^c

^aБотанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Россия

^bИнститут проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук,
Москва, Россия

^cПриморское отделение Совместного Российско-Вьетнамского Тропического
научно-исследовательского и технологического центра, Нячанг, Вьетнам

* e-mail: safronova.tania@mail.ru

Поступила в редакцию 13.07.2023 г.

После доработки 26.07.2023 г.

Принята к публикации 29.08.2023 г.

Приведено описание нового для науки вида *Mallomonas limbata* sp. nov. Чешуйки *M. limbata* были обнаружены в 26 водоемах в 9 провинциях Вьетнама. Таксон описан на основе морфологии кремнеземных чешуек, изученных с использованием трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ) и сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Вид относится к секции *Planae* и имеет сходную морфологию с видами из комплекса *Mallomonas matvienkoeae*. Новый вид характеризуется яйцевидной формой чешуек, суженных в дистальной части, развитым вторичным кремнеземным слоем, занимающим до 4/5 поверхности чешуйки, ретикуляцией с округлыми ячейками и многочисленными папиллами на поверхности. Приведены данные о распространении и условиях обитания нового вида.

Ключевые слова: Synurales, *Mallomonas*, новый вид, морфологическое строение, СЭМ, ТЭМ, Вьетнам

DOI: 10.31857/S0320965224010068 **EDN:** zaidas

Золотистые водоросли — широко распространенная группа водорослей, включающая ~1200 описанных видов (Kristiansen, Škaloud, 2017). Среди золотистых водорослей преобладают монады, неподвижные формы встречаются реже. Отмечены одноклеточные и колониальные формы. Клетки большинства хризифитовых покрыты уплотненным слоем цитоплазмы или перипластом, однако многие виды имеют экстрацеллюлярные структуры. Клетки водорослей порядка Synurales покрыты кремнеземными чешуйками, часто снабженными щетинками, отростками и гребнями. Чешуйки играют роль опорных элементов, поддерживают форму клетки и защищают ее от воздействий внешней среды. Чешуйки обычно плотно расположены и образуют панцирь. Форма и расположение кремнеземных чешуек видоспецифичны и имеют диагности-

ческое значение (Kristiansen, 2005; Skaloud et al., 2013).

К роду *Mallomonas* Perty (1852: 170), включающему >200 таксонов, относятся одноклеточные планктонные организмы (Siver, 1991). Виды этого рода широко распространены в различных пресноводных местообитаниях от полярных регионов до тропиков (Kristiansen 2001, 2002; Kristiansen, Preisig, 2007), многие виды относятся к эндемикам (Kristiansen, Lind, 2005; Kristiansen 2008). Согласно последним филогенетическим исследованиям (Siver et al., 2015; Čertnerová et al., 2019), род *Mallomonas* делится на две основные линии, характеризующиеся наличием или отсутствием V-образного ребра в орнаментации чешуйки. Виды без V-ребра сгруппированы в секцию *Planae* Momeu et Péterfi (Momeu, Péterfi, 1979), имеют более простую орнаментацию чешуек, и, как следствие, меньше потенциальных диагностических признаков для разграничения видов. Недавно проведенные молекулярно-генетические исследования комплекса видов *M. matvienkoeae* (Jo et al., 2011, 2013) выявили, что разнообразие видов в этой группе

Сокращения: СЭМ — сканирующая электронная микроскопия (SEM — scanning electron microscopy), ТЭМ — трансмиссионная электронная микроскопия (TEM — transmission electron microscopy).

велико. По результатам исследований авторы описали несколько новых видов рода *Mallomonas* этого комплекса. Для разграничения таксонов они использовали следующие признаки: перфорация базальной пластинки чешуйки, строение вторичного кремнеземного слоя, орнаментация, образованная папиллами, и строение щетинок. Молекулярно-генетические данные подтвердили важность этих структур для разграничения таксонов на уровне вида (Jo et al., 2013). Позднее из тропических местообитаний были описаны еще три вида из комплекса *M. matvienkoae* (Гусев, 2015; Gusev et al., 2019, 2021). Недавние подробные исследования чешуйчатых хризифитовых в различных районах Вьетнама выя-

вили богатую флору рода *Mallomonas* (Doan et al., 2021; Gusev et al., 2022a, 2023). В частности, были обнаружены некоторые ранее неизвестные таксоны из секции *Planae* (Gusev, Nguyen, 2011; Gusev, 2013; Gusev et al., 2017, 2019, 2020, 2021, 2022b; Gusev, Martynenko, 2022). Изучение новых регионов Вьетнама позволило выделить еще один новый вид из этой секции, который описан в данной работе.

Новый вид обнаружен в девяти провинциях Вьетнама. Пробы для настоящего исследования были отобраны в 26 водоемах (табл. 1, рис. 1).

Два водоема на о-ве Фукуок, водохранилище Куанг Чунг и два пруда для аквакультуры на острове Кон Сон изучены в 2015 г., водохранилище Эа Кноп в провинции Дак Лак — в 2010 г., оз. Бау Ба и болото в провинции Бинь Динь и четыре водоема в провинции Фу Йен — в 2018 г., четыре водоема в провинции Нинь Бинь, три водных объекта в провинции Тхань Хоа, три водоема в провинции Куанг Чи и пять водоемов в провинции Тхья Тхиен Хюэ — в 2019 г. (табл. 1). Более подробные данные о географическом положении и климатических особенностях регионов можно найти в работах (Gusev et al., 2021, 2022b; Gusev, Martynenko, 2022). Сбор проб осуществлен в рамках международной программы “Эколан 3.2” Совместного Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра.

Количественные пробы фитопланктона собирали в поверхностном слое водоемов сачком из мельничного газа с размером ячеек 20 мкм. Пробы фиксировали раствором Люголя. Для изучения водорослей при помощи ТЭМ и СЭМ пробы концентрировали и отмывали 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. Для исследований с помощью СЭМ образцы высушивали на алюминиевых столиках, покрывали золотом в течение 10 мин с помощью устройства для нанесения покрытий JEE-4X (JEOL). Образцы изучали с помощью микроскопа JEOL 6510 LV. Удельную электропроводность, pH и температуру измеряли с помощью прибора Hanna HI 9828 (Hanna Instruments, Inc., США).

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

Mallomonas limbata Safronova & Gusev sp. nov. (рис. 2).

Scales ovoid, $4.0\text{--}5.1 \times 2.4\text{--}3.2 \mu\text{m}$, narrowed distally. A posterior rim encircled about one half of the scale perimeter in the posterior part. The anterior part of the scale is surrounded by a narrow hyaline belt on

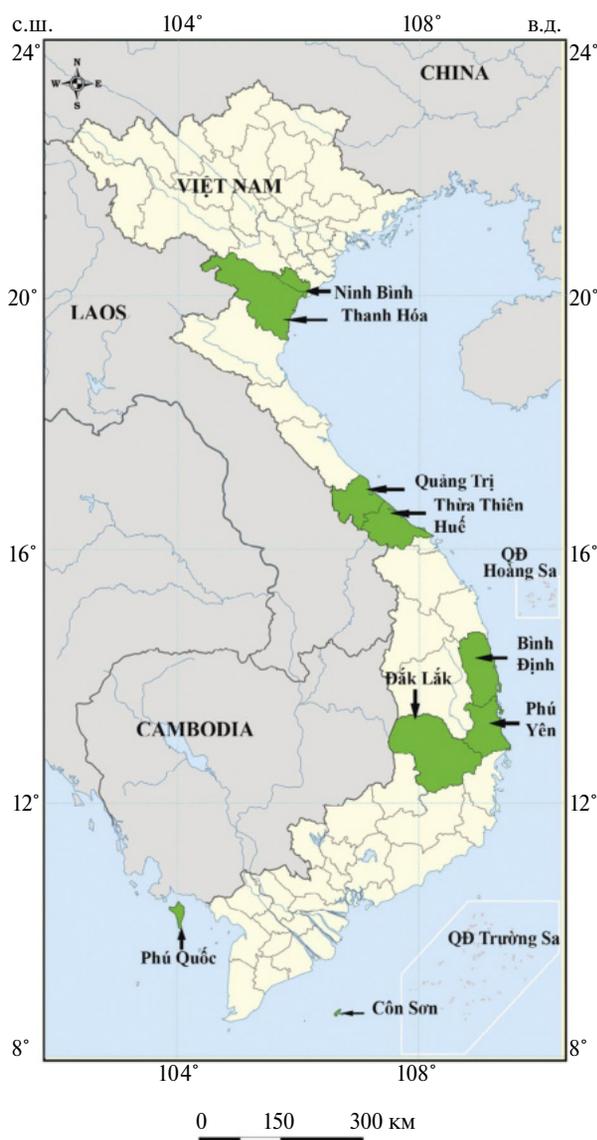


Рис. 1. Карта-схема изученных провинций Вьетнама. Стрелками отмечены исследованные провинции.

Таблица 1. Основные параметры исследованных водных объектов

№ пробы	Водный объект	Координаты		pH	Cond	T	Chl <i>a</i>
		с.ш.	в.д.				
о. Фу Куок							
пров. Кьен Зянг							
1	Пруд 1	10°19.856'	103°51.538'	5.95	117	33	86
2	Пруд 2	10°19.834'	103°51.537'	6.3	186	32	87
о. Кон Шон							
пров. Ба Риа-Вунг Тау							
3	Водохранилище Куанг Чунг	8°41.516'	106°36.364'	—	—	—	—
4	Пруд с аквакультурой 1	8°41.558'	106°36.332'	—	—	—	—
5	Пруд с аквакультурой 2	8°41.550'	106°36.323'	—	—	—	—
пров. Дак Лак							
6	Водохранилище Эа Кноп	12°48.405'	108°31.616'	6.1	119	29	76
пров. Бинь Динь							
7	оз. Бау Ба	14°29.331'	109°01.455'	6.3	91	36	13
8	Болото	13°55.576'	109°04.821'	6.6	382	30	8
пров. Фу Йен							
9	р. Эа Бар	12°59.202'	108°47.064'	6.6	248	32	77
10	Водохранилище б/н	12°56.723'	108°48.693'	6.4	22	35	18
11	Водохранилище Ба Во	13°05.618'	108°58.062'	8.6	293	33	64
12	Болото около Хо Хао Сон	12°53.857'	109°23.069'	6.4	119	30	10
пров. Нинь Бинь							
13	Водоем б/н 1 на рисовом поле, коммуна Гия Ван, район Гия Вьен	20°21.704'	105°52.918'	7.1	333	33	16
14	Водоем б/н 2 на рисовом поле, коммуна Гия Ван, район Гия Вьен	20°21.703'	105°52.910'	7.0	335	34	18
15	Водоем б/н 3 на рисовом поле, коммуна Гия Ван, район Гия Вьен	20°21.705'	105°52.917'	6.9	382	34	27
пров. Тхань Хоа							
16	Водоем б/н 1, болотистая местность у небольшой реки, коммуна Куанг Йен, район Куанг Сюонг	19°44.108'	105°44.496'	7.0	263	31	18
17	Водоем б/н 2, коммуна Куанг Йен, район Куанг Сюонг	19°44.173'	105°44.489'	7.4	360	37	111
18	р. Хоанг Зианг	19°43.337'	105°42.762'	7.0	154	31	12
пров. Куанг Чи							
19	р. Бан Хай	17°02.876'	106°56.949'	7.2	62	33	23
20	Озеро б/н в городе Хай Ланг	16°41.949'	107°14.928'	7.2	67	35	49
21	Пруд рядом с г. Хай Ланг	16°41.939'	107°14.921'	6.6	76	35	78
пров. Тхья Тхьен Хюэ							
22	Пруд 1, около оз. Бау Сен	16°34.177'	107°26.608'	5.5	33	30	52
23	Пруд 2 около оз. Бау Сен	16°34.153'	107°26.659'	5.9	74	31	68
24	Водохранилище б/н 1	16°39.695'	107°21.747'	6.9	36	34	147
25	Водохранилище б/н 2	16°39.776'	107°21.906'	5.3	28	33	173
26	Пруд 3	16°37.401'	107°23.190'	6.0	63	33	160

Примечание. pH – водородный показатель; Cond – удельная электропроводность, мкс/см – 1; T – температура, °C; Chl *a* – хлорофилл *a*, мкг/л, “–” – измерения не проводили, б/н – без названия.

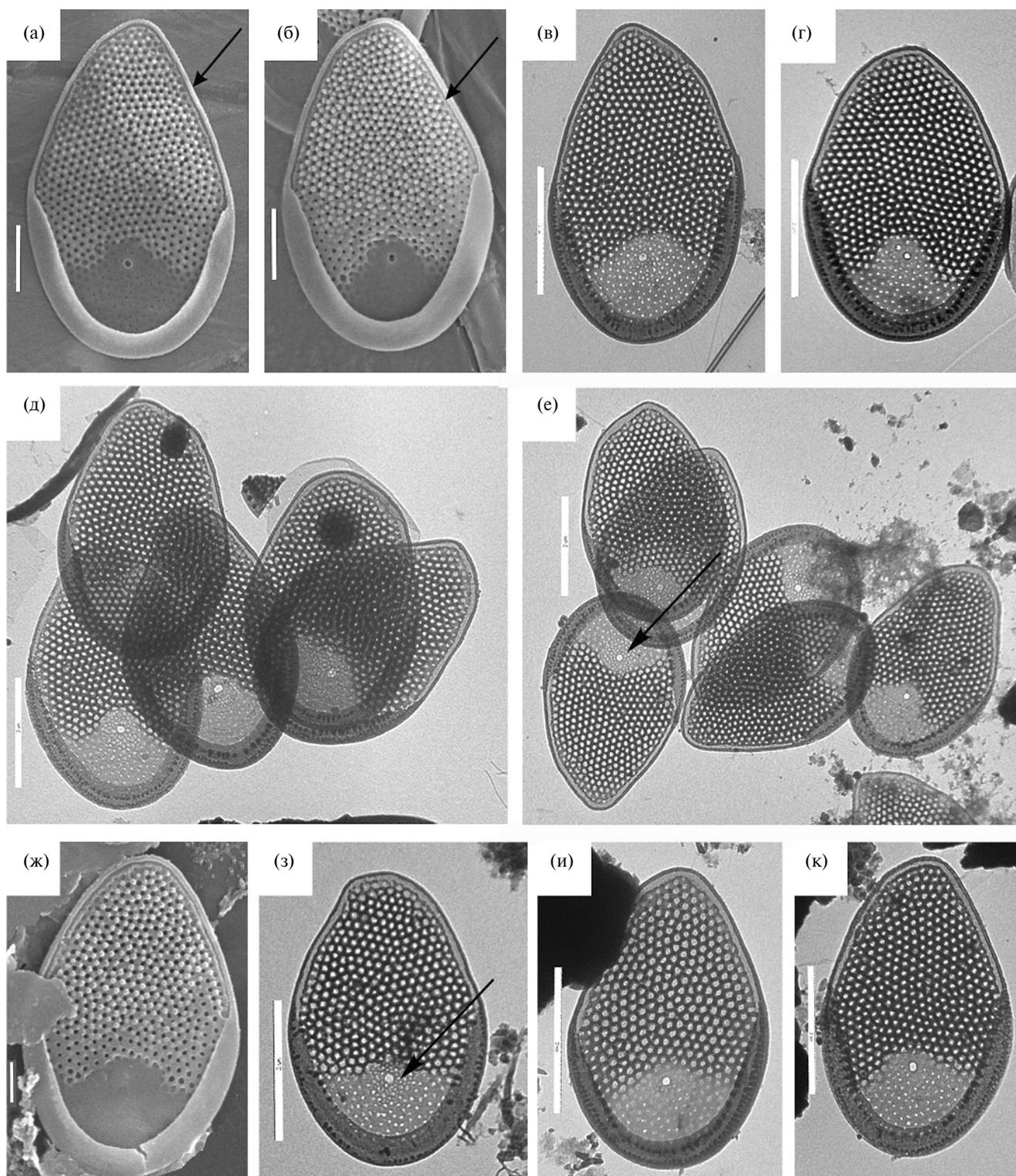


Рис. 2. Изображения чешуек *Mallomonas limbata* sp. nov., иллюстрирующие диагностические признаки, изученные с помощью ТЭМ, СЭМ: а — СЭМ, стрелкой обозначена утолщенная антериальная кромка; б — СЭМ, стрелкой обозначена гиалиновая область вдоль антериальной кромки; в — ТЭМ; г — ТЭМ; д — ТЭМ; е — ТЭМ, стрелкой обозначена центральная пора, окруженная “облаком” мелких пор; ж — СЭМ; з — ТЭМ, стрелкой обозначена центральная пора, окруженная “облаком” мелких пор; и — ТЭМ; к — ТЭМ. Масштабная линейка: а, б — 1 мкм, в–е, з–к — 2 мкм, ж — 0.5 мкм.

the shield along the narrow thickened edge. A thick secondary layer with internal reticulation in form of rounded meshes covers the distal 3/4–4/5 of the scale. This area is covered with papillae that are surround the meshes. One rounded mesh is usually surrounded by 3–4 papillae, rarely 2 or up to 6. One large rimmed pore is situated in the proximal part of the scale lacking the secondary silica layer and is surrounded by a cluster of smaller pores. Evenly spaced small base plate pores cover the whole scale surface, as visible in the TEM. Some or all base plate pores on the proximal part of the scale, which is lacking the secondary layer, are covered with thin silica layer at the surface and do not penetrate the scale, as visible in the SEM.

Cysts and bristles unknown.

H o l o t y p e : Portion of a single gathering of cells on SEM stub No. PQ7 (holotype designated here in Fig. 2a) is deposited at the herbarium of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok (IBIW). Material from unnamed pond in the northwest part of Phú Quốc Island, Kiên Giang Province, Vietnam, collected by E.S. Gusev on the 25th of April, 2015. Рис. 2a is a representative scale from the specimen.

T y p e l o c a l i t y : Pond in the northwest part of Phú Quốc Island, Kiên Giang Province, Vietnam. Latitude/Longitude: 10°19.856' N, 103°51.538' E.

E t y m o l o g y : the species epithet *limbata* means bordered and reflects the presence of a narrow hyaline belt on the shield along the narrow thickened edge.

D i s t r i b u t i o n : In addition to the type locality, this species has been observed in 25 other localities in nine provinces of Vietnam (Табл. 1).

Mallomonas limbata was found at wide ranges of environmental parameters: pH 5.3–8.6 (6.6 ± 0.2), specific conductance 22–382 (167 ± 27) $\mu\text{S}/\text{cm}$, chlorophyll *a* values 8–173 (60 ± 11) $\mu\text{g}/\text{l}$, and temperature 29–37 (33 ± 0.4) °C (Табл. 1).

Новый вид *Mallomonas limbata* sp. nov. относится к секции *Planae*, комплексу видов *M. matvienkoae*. *Mallomonas limbata* имеет яйцевидные чешуйки 4.0–5.1 мкм длиной и 2.4–3.2 мкм шириной, суженные в дистальной части (рис. 2a–2к). Проксимальный ободок окружает приблизительно половину периметра чешуйки (рис. 2в–2е, 2з–2к (ТЭМ) и рис. 2a, 2б, 2ж (СЭМ)). Дистальную часть базальной пластинки чешуйки (приблизительно от 3/4 до 4/5) покрывает плотный вторичный кремнеземный слой в виде округлых ячеек, образующих сплошную сеть (рис. 2в–2е, рис. 2з–2к (ТЭМ)), и папилл. Папиллы располагаются вокруг ячеек, одну ячейку окружают от двух до шести папилл, чаще три–четыре папиллы (рис. 2a, 2б, 2ж (СЭМ)). Узкая антериаль-

ная кромка чешуек гладкая, утолщенная (рис. 2a, отмечена стрелкой). Вдоль кромки тянется тонкий пояс без вторичного кремнеземного слоя (рис. 2б, отмечено стрелкой). В проксимальной части базальной пластинки без вторичного кремнеземного слоя располагается крупная пора с ободком, окруженная облаком более мелких пор (рис. 2е, 2з, отмечено стрелками). Проксимальная часть чешуйки покрыта порами разного диаметра — мелкими вокруг крупной поры “облаком” и чуть крупнее на остальной площади без вторичного слоя. Эти поры могут быть покрыты тонким слоем кремнезема (тогда их можно считать углублениями с обратной стороны чешуйки, а не порами). В этом случае на изображениях СЭМ этот участок выглядит как ровная пластинка без пор (рис. 2б, 2ж), на изображениях ТЭМ такие “поры” затемнены (рис. 2и).

Чешуйки *Mallomonas limbata* sp. nov. находятся в диапазоне размеров *M. pseudomatvienkoae* Jo, Shin, Kim, Siver et Andersen (3–5 × 2–3 мкм), с которым этот морфотип сходен по ornamentации вторичного кремнеземного слоя. Однако *M. limbata* четко отличается яйцевидной формой чешуек с более узкой дистальной частью от широкоовальной и обратной яйцевидной форм чешуйки у *M. pseudomatvienkoae* (Jo et al., 2013). Также, для *M. pseudomatvienkoae* характерна ретикуляция с более крупными и малочисленными ячейками, различными по размеру и нерегулярно рассеянными на центральном поле, у *M. limbata* ретикуляция с округлыми ячейками сходных размеров, более–менее равномерно расположенными на центральном поле. Центральное поле *M. limbata* покрыто многочисленными папиллами, у *M. pseudomatvienkoae* они отсутствуют. Еще одно отличие *M. limbata* от *M. pseudomatvienkoae* заключается в строении проксимальной части чешуек в области, где расположена окаймленная пора. У *M. limbata* окаймленная пора окружена “облаком” мелких пор, на остальной части присутствуют более крупные поры, видимые в том числе и на СЭМ, хотя в ряде случаев эта область покрыта тонким кремнеземным слоем, закрывающим большую часть пор. У *M. pseudomatvienkoae*, согласно описанию и изображениям типового экземпляра, эта область чешуйки не содержит пор (Jo et al., 2013). Следует отметить, что изображения ТЭМ отсутствуют при первоописании *M. pseudomatvienkoae*. Однако сравнение, основанное на структурах, изученных только с помощью СЭМ, позволяет четко различить эти два вида по указанным выше признакам.

По морфологическому строению чешуек у *M. limbata* имеется ряд сходных признаков

с *M. paragrandsis* Gusev, *M. sorohexareticulata* Jo, Shin, Kim, Siver et Andersen, *M. hexareticulata*. Jo, Shin, Kim, Siver et Andersen. Новый вид и перечисленные таксоны отличаются от остальных таксонов группы *M. matvienkoeae* овальной, овально-яйцевидной или яйцевидной формой чешуек с широкой проксимальной и зауженной дистальной частью. Проксимальная часть чешуек этих видов ограничена ободком и не имеет вторичного кремнеземного слоя, дистальная часть чешуек всех перечисленных таксонов покрыта вторичным кремнеземным слоем. Поры, расположенные на базальной пластинке, присутствуют у всех этих видов, однако размер пор, их форма и количество специфичны для каждого отдельного представителя.

По сравнению с обозначенными выше видами, чешуйки *M. limbata* правильной яйцевидной или широкояйцевидной формы с явным и постепенным сужением к дистальному концу. У *M. paragrandsis*, *M. sorohexareticulata* и *M. hexareticulata* чешуйки имеют иную, овальную, форму с более широкой проксимальной половиной и более узкой дистальной с широкоовальным закруглением на концах (Гусев, 2015; Jo et al., 2013).

При сравнении нового вида с *M. paragrandsis* и *M. sorohexareticulata* следует отметить, что эти таксоны имеют схожее строение вторичного кремнеземного слоя в виде округлых ячеек, с порой в центре, образующих сплошную сеть, и папиллы на поверхности. Чешуйки *M. limbata* несколько меньше ($4.0\text{--}5.1 \times 2.4\text{--}3.2$ мкм), чем у *M. paragrandsis* ($4.8\text{--}6.0 \times 2.7\text{--}4.0$ мкм) и *M. sorohexareticulata* ($5\text{--}6.3 \times 2\text{--}4$ мкм), хотя их размеры частично перекрываются. У этих таксонов в проксимальной части базальной пластинки чешуйки имеет центральная крупная пора, окруженная ободком. Основные различия между видами заключаются в следующем. У чешуек *M. paragrandsis* и *M. sorohexareticulata* вторичный кремнеземный слой занимает $\sim 1/2$ площади чешуйки, у *M. limbata* — $\geq 3/4$. Кроме того, размер пор на чешуйках *M. paragrandsis* и *M. sorohexareticulata* различен в дистальной (они более крупные) и проксимальной (более мелкие) областях, у *M. limbata* поры базальной пластинки мелкие и не различаются по размеру. В проксимальной части без вторичного кремнеземного слоя у *M. paragrandsis* и *M. sorohexareticulata* поры базальной пластинки более крупные и многочисленные, по сравнению с таковыми у *M. limbata*. На чешуйках *M. sorohexareticulata* такие крупные поры покрывают большую часть чешуйки. Центральная окаймленная пора в дистальной части также более крупная у чешуек *M. paragrandsis* ($0.15\text{--}0.2$ мкм) и *M. sorohexareticulata* ($0.12\text{--}0.17$ мкм), чем у чешуек *M. limbata* ($0.04\text{--}0.11$ мкм).

Чешуйки *M. limbata* имеют сходство с *M. hexareticulata* в размерах ($4.0\text{--}4.9 \times 2.4\text{--}3.0$ мкм против $2.0\text{--}5.0 \times 2.0\text{--}3.0$ мкм) и большой площадью покрытия чешуйки вторичным кремнеземным слоем. У *M. hexareticulata* он покрывает до $2/3$ площади, у *M. limbata* до $4/5$, т.е. у нового вида отмечается большая степень развития вторичного кремнеземного слоя. Есть различия и в форме ячеек ретикуляции — у *M. hexareticulata* ячейки гексагональные (шестиугольные) разного размера — от 0.04 до 0.13 мкм в диаметре, у *M. limbata* ячейки округлые, сходных размеров — от 0.056 до 0.098 мкм в диаметре. У *M. limbata* вся область распространения вторичного кремнеземного слоя покрыта равномерно расположенными папиллами, а на чешуйках *M. hexareticulata* папиллы отсутствуют. В проксимальной части без вторичного кремнеземного слоя на чешуйках *M. hexareticulata* расположена большая овальная или неправильной формы окаймленная пора в центре, окруженная “облаком” мелких пор. У *M. limbata* в этой области расположена округлая окаймленная пора меньшего размера. В этой части чешуйки у *M. hexareticulata* рассеяны довольно крупные поры неправильной формы, на остальной площади базальной пластинки редко рассеяны поры значительно меньшего размера. У *M. limbata* поры базальной пластинки одинакового размера на всей площади базальной пластинки.

Виды *M. paragrandsis*, *M. sorohexareticulata* и *M. hexareticulata*, как и *M. limbata*, известны только из субтропических и тропических районов и найдены пока только в Азиатском регионе.

Другие виды и внутривидовые таксоны из комплекса *M. matvienkoeae*, — *M. matvienkoeae* Asmund et Kristiansen, *M. loricata* Gusev, Shkurina et Kulikovskiy, *M. lamii* Gusev, Kulizin, Guseva, Shkurina et Kulikovskiy, *M. matvienkoeae* Asmund et Kristiansen var. *grandis* Dürrschmidt et Cronberg и *M. matvienkoeae* Asmund et Kristiansen var. *siveri* Wujek et Saha — существенно отличаются от нового вида размерами, формой и ультраструктурными признаками чешуек (Asmund, Kristiansen, 1986; Dürrschmidt, Cronberg, 1989; Wujek, Saha, 1996; Gusev et al., 2019, 2021).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вид *M. limbata* имеет достаточно широкое распространение во Вьетнаме, что предполагает его возможные находки и в других странах Юго-Восточной Азии. Следует отметить важность документирования всех найденных морфотипов группы. В литературе по изучению тропиков под названием *M. matvienkoeae* приведены разные таксоны, описанные в последнее время как другие виды. Например, в работе (Neustupa, Rezacova,

2007) приведен *M. loricata*, в (Wei et al., 2014) — *M. sorohexareticulata*, в работе (Hansen, 1996) — *M. paragrandidis*. Таким образом, требуется продолжение исследования этого комплекса в тропиках. Следует отметить, что для различения таксонов комплекса *M. matvienkoae* крайне важными диагностическими признаками служат размер и форма чешуек, степень перфорированности базальной пластинки, форма, размеры пор и строение вторичного кремнеземного слоя. Также необходимо учитывать, что в некоторых случаях поры базальной пластинки могут быть покрыты тонким кремнеземным слоем, что делает их “невидимыми” на СЭМ, однако эти углубления хорошо видны на изображениях ТЭМ. В то же время, на изображениях ТЭМ часто плохо заметны папиллы, располагающиеся в углах ячеек ретикуляции. Поэтому изучение чешуек данной группы следует проводить с помощью и ТЭМ, и СЭМ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы глубоко признательны вьетнамским и российским коллегам, администрации и персоналу Тропического центра за помощь в организации и выполнении экспедиционных работ, доктору Лам Нгуен Нгок за помощь в сборе материала на острове Кон Шон, а также персоналу Центра коллективного пользования электронной микроскопии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН за помощь при работе с электронными микроскопами.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Обработка и анализ материала, работы со сканирующим и трансмиссионным микроскопами проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 20–14–00211). Анализ параметров среды проведен в рамках госзадания БИН РАН (№ 121021600184-6). Экспедиция проводилась при финансовой поддержке Совместного Вьетнамско–российского научно-исследовательского центра тропических наук и технологий (проект Ecolan 3.2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Gusev E.S. 2015. Новый вид рода *Mallomonas* Perty (Synurales, Chrysophyceae) из водоемов Вьетнама // Альгология. Т. 25(4). С. 428. <http://dx.doi.org/10.15407/alg25.04.428>
- Asmund B., Kristiansen J. 1986. The genus *Mallomonas* (Chrysophyceae). A taxonomic survey based on the ultrastructure of silica scales and bristles // Opera Bot. V. 85. P. 5.
- Čertnerová D., Čertner M., Škaloud P. 2019. Molecular phylogeny and evolution of phenotype in silica-scaled chrysophyte genus *Mallomonas* // J. Phycol. V. 55(4). P. 912. <http://doi.org/10.1111/jpy.12882>
- Doan-Nhu H., Thi-Tinh T., Gusev E., Kulikovskiy M. et al. 2021. Taxonomic composition of silica-scaled chrysophytes in a tropical mountain reservoir // Inland Water Biol. V. 14(5). P. 490. <http://doi.org/10.1134/S1995082921050060>
- Dürschmidt M., Cronberg G. 1989. Contribution to the knowledge of tropical Chrysophytes: Mallomonadaceae and Paraphysomonadaceae from Sri Lanka // Algal. Stud. V. 54. P. 15.
- Gusev E.S. 2013. Studies on synurophycean algae from mangrove wetlands (Vietnam) // Nova Hedwig. Beiheft 142. P. 87.
- Gusev E., Martynenko N. 2022. Diversity of Silica-Scaled Chrysophytes in Central Vietnam // Water. V. 14(1). P. 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. V. 93(1–2). P. 191. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2011/0093-0191>
- Gusev E., Shkurina N., Kulikovskiy M. 2021. *Mallomonas loricata* sP. nov. (Synurales, Chrysophyceae), a new tropical species from section *Planae* // Phytotaxa. V. 500(3). P. 225. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.500.3.6>
- Gusev E.S., Siver P.A., Shin W. 2017. *Mallomonas broncharitiana* Compère revisited: Two new species described from Asia // Cryptogam. Algal. V. 38(1). P. 3. <https://doi.org/10.7872/crya/v38.iss1.2017.3>
- Gusev E., Kulizhin P., Guseva E., Shkurina N. et al. 2019. *Mallomonas lamii* sP. nov. (Synurales, Chrysophyceae), a New Species Bearing Large Scales Described from the Tropics // Phytotaxa. V. 423(4). P. 266. <https://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.273.1.6>
- Gusev E.S., Guseva E.E., Dien T.D., Kulikovskiy M.S. 2022a. Flora of Silica-Scaled Chrysophytes (Chrysophyceae) of two provinces in Southern Viet Nam // Inland Water Biol. V. 15(3). P. 205. <https://doi.org/10.1134/S1995082922030063>
- Gusev E., Martynenko N., Kapustin D., Doan-Nhu H. et al. 2022b. Diversity of silica-scaled chrysophytes of two tropical islands: Phu Quoc and Con Son (Viet Nam) // Life. V. 12(10). № 1611. P. 1. <https://doi.org/10.3390/life12101611>
- Gusev E., Martynenko N., Shkurina N.T. et al. 2023 An Annotated checklist of Algae from the order Synurales (Chrysophyceae) of Viet Nam // Diversity. V. 15(2). № 183. P. 1. <https://doi.org/10.3390/d15020183>
- Hansen P. 1996. Silica-scaled Chrysophyceae and Synurophyceae from Madagascar // Arch. Protistenkd. V. 147(2). P. 145.
- Jo B.Y., Shin W., Boo S.M. et al. 2011. Studies on ultrastructure and three-gene phylogeny of the genus *Mallomonas* (Synurophyceae) // J. Phycol. V. 47(2). P. 415.

- <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00953.x>
- Jo B.Y., Shin W., Kim H.S. et al. 2013. Phylogeny of the genus *Mallomonas* (Synurophyceae) and descriptions of five new species on the basis of morphological evidence // *Phycologia*. V. 52(3). P. 266. <https://doi.org/10.2216/12-107.1>
- Kristiansen J. 2001. Biogeography of silica-scaled chrysophytes // *Nova Hedwigia Beih.* V. 122. P. 23.
- Kristiansen J. 2002. Cosmopolitan chrysophytes // *Syst. Geog. Plants* V. 70 P. 291–300.
- Kristiansen J. 2005. Golden algae: a biology of chrysophytes. Koenigstein: Koeltz Scientific Books.
- Kristiansen J. 2008. Dispersal and biogeography of silica-scaled chrysophytes // *Biodiversity Conserv.* V. 17. P. 419. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9259-2>
- Kristiansen J., Lind J.F. 2005. Endemicity in silica-scaled chrysophytes // *Nova Hedwigia Beih.* V. 128. P. 65.
- Kristiansen J., Preisig H.R. 2007. Chrysophyta and Haptophyte algae. Part 2: Synurophyceae // *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Freshwater flora of Central Europe.* V. 1/2. Berlin: Spektrum Akademischer.
- Kristiansen J., Škaloud P. 2017. Chrysophyta. Handbook of the Protists. Springer: Cham. P. 331. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-28149-0_43
- Momeu L., Péterfi L.S. 1979. Taxonomy of *Mallomonas* based on the fine structure of the scales and bristles // *Contribuții Botanice Cluj-Napoca* V. 19. P. 13.
- Neustupa J., Rezáčová M. 2007. The genus *Mallomonas* (Mallomonadales, Synurophyceae) in Several Southeast Asian Urban Water Bodies — The Biogeographical Implications // *Nova Hedwigia*. V. 84(1–2). P. 249.
- Perty J.A.M. 1852. Zur Kenntniss kleinster Lebensformen nach Bau, Funktionen, Systematik, mit Specialverzeichniss der in der Schweiz Beobachteten. Bern: Jent et Reinert.
- 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.* V. 31. P. 385.
- Siver, P.A. 1991. The Biology of *Mallomonas*: Morphology, Taxonomy and Ecology. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Siver P.A., Jo B.Y., Kim J.I. et al. 2015. Assessing the evolutionary history of the class Synurophyceae (Heterokonta) using molecular, morphometric, and paleobiological approaches // *Amer. J. Bot.* V. 102(6). P. 921. <https://doi.org/10.3732/ajb.1500004>
- Wei Y.X., Yuan X.P., Kristiansen J. 2014. Silica-Scaled Chrysophytes from Hainan, Guangdong Provinces and Hong Kong Special Administrative Region // *China. Nord. J. Bot.* V. 32(6). P. 881.
- Wujek D.E., Saha L.C. 1996. Scale-Bearing Chrysophytes (Chrysophyceae and Synurophyceae) from India. II // *Nova Hedwigia. Beih.* V. 112. P. 367.

Description of a New Species *Mallomonas limbata* sp. nov. (Synurales, Chrysophyceae) from Water Bodies of Vietnam

T. V. Safronova^{1,*}, E. S. Gusev², L. Nguyen Thi³

¹Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St.-Petersburg, Russia

²Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Coastal Branch of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center, Nha Trang, Vietnam

*e-mail: safronova.tania@mail.ru

A new species *Mallomonas limbata* sp. nov. is described from Vietnam. The description is based on silica-scale morphology studied by means TEM and SEM. The species belongs to the section *Planae* and has a similar morphology with species from the *Mallomonas matvienkoae* complex. New species has ovoid scales, narrowed distally, a developed secondary siliceous layer with internal reticulation having rounded meshes, occupying up to 4/5 of the scale surface, with numerous papillae on the surface. Scales of *M. limbata* were found at twenty-six localities in nine provinces of Vietnam. The distributions and habitat conditions of the new species are summarized.

Keywords: Synurales, *Mallomonas*, new species, morphological structure of scales, SEM, TEM, Vietnam