

EREMOSPHAERA VIRIDIS (CHLOROPHYTA) – НОВЫЙ ВИД ДЛЯ АЛЬГОФЛОРЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© 2021 г. Е. Н. Патова^{1,*}, И. В. Новаковская^{1,**}, О. В. Анисимова², Н. Н. Гончарова¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
ул. Коммунистическая, 28, Сыктывкар, 167928, Россия

² Московский государственный университет
Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Россия

*e-mail: patova@ib.komisc.ru

**e-mail: novakovskaya@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 16.09.2020 г.

После доработки 22.01.2021 г.

Принята к публикации 16.02.2021 г.

Приводятся сведения о первой находке на северо-востоке европейской части России редкой одноклеточной зеленой водоросли *Eremosphaera viridis*, которая была найдена на ключевом болоте бассейна р. Вычегда. Местонахождение является пока единственным для региона исследований. *E. viridis* выделен в чистую культуру и поддерживается в коллекции живых штаммов микроводорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН (СΥΚΟΑ).

Ключевые слова: *Eremosphaera*, флористические находки, ключевое болото, северо-восток европейской части России

DOI: 10.31857/S0006813621060090

Альгофлора европейского северо-востока России включает около 2000 видов водорослей и является достаточно хорошо изученной в пределах Европейского Севера (Loseva et al., 2004; Getzen et al., 2005; Patova, Novakovskaya, 2018). Несмотря на это ежегодно происходит пополнение списка водорослей благодаря флористическим исследованиям в удаленных и труднодоступных участках региона, привлечению новых методов исследования, расширению спектра изучаемых местообитаний. На Европейском Севере в альгологическом отношении слабо исследованы болотные комплексы, включая болота напорного питания (ключевые). Они характеризуются близким залеганием минерализованных грунтовых вод и выходом их на поверхность в виде ключей разной мощности, формированием здесь специфического флороценологического комплекса с богатым видовым составом (Sirin et al., 2017). На территории Республики Коми ключевые болота имеют широкое распространение и встречаются от подзоны южной тайги до тундровой зоны, в то же время по площади они значительно уступают массивам других типов. Такие болота изучены крайне фрагментарно в отношении как споровых, так и сосудистых растений (Getzen et al., 2005; Degteva, Goncharova, 2012). При изучении альгофлоры

ключевого болота нами был обнаружен крупноклеточный вид зеленой водоросли *Eremosphaera viridis* De Bary.

Род *Eremosphaera* De Bary (1858) включает зеленые водоросли с многочисленными хлоропластами. В соответствии с современной номенклатурой, *Eremosphaera* относится к семейству Oocystaceae, порядку Chlorellales, классу Trebouxiophyceae, включает семь видов и семь подвидов (Guiry, Guiry, 2021). Как показали последние молекулярно-генетические исследования, род не является монофилетичным (Štenclová et al., 2017). *E. viridis* – типовой вид рода, он был описан De Bary в 1958 году, и в настоящее время название вида таксономически принято (Guiry, Guiry, 2021). В генетической базе данных GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) выложено 18 последовательностей для данного вида. В основном исследованы ядерный и хлоропластный гены с помощью различных молекулярных маркеров (18S рРНК, ITS1-ITS2, *rbcL*, *tufA* и др.).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проба была отобрана 18 сентября 2019 г. О.В. Анисимовой на березово-травяно-гипновом ключевом болоте (северо-восток европейской части Рос-

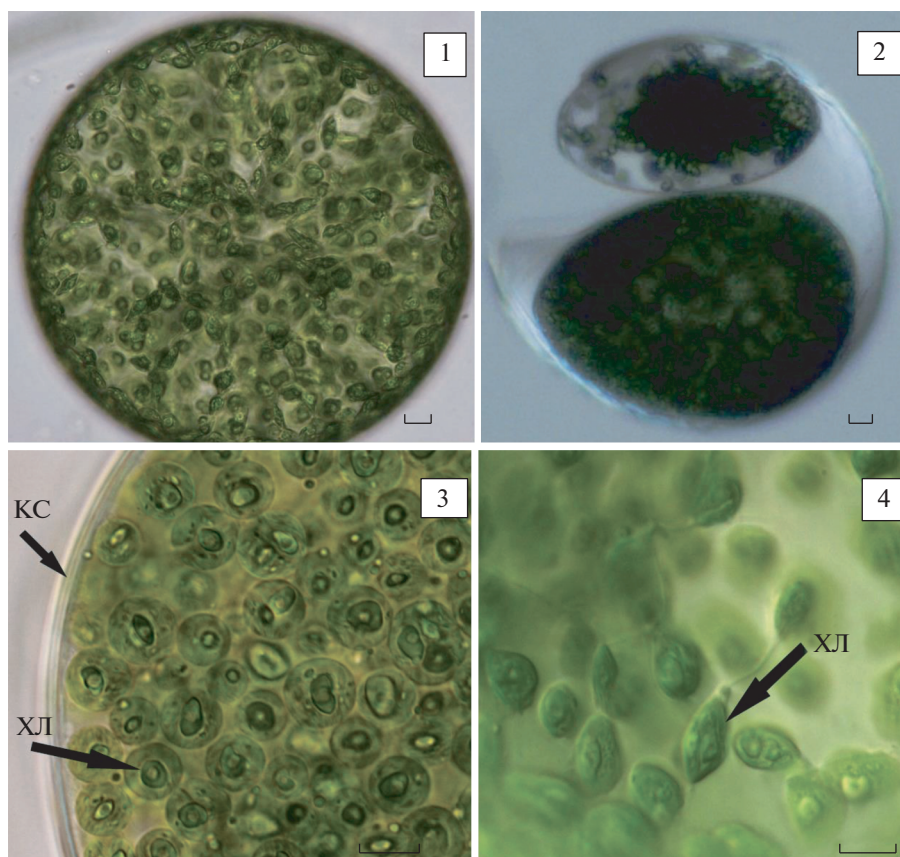


Рис. 1–4. *Eremosphaera viridis*: 1 – вегетативная клетка, 2 – клетки в материнской оболочке, 3 – клеточная стенка (КС) и хлоропласты с пиреноидами (ХЛ), 4 – хлоропласты (ХЛ). Шкала – 10 мкм.

Fig. 1–4. *Eremosphaera viridis*: 1 – vegetative cell, 2 – cells inside the mother cell wall, 3 – cell wall (КС) and chloroplasts (ХЛ), 4 – chloroplasts (ХЛ). Scale bar – 10 μm .

сии, подзона средней тайги, водораздел рек Вычегда и Сысола), в небольшой луже. Собранный материал помещен в стерильные конические полипропиленовые пробирки типа Falcon (50 мл). Часть пробы использована для выделения чистой культуры, другая часть была зафиксирована 4% раствором формальдегида для длительного хранения. Параметры водной среды измерены комбинированным кондуктометром HI 8314 (Hanna Instruments, Inc., Germany). Идентификация вида выполнена в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН с использованием микроскопа Nikon Eclipse80i (Nikon, Japan) при увеличении до 1000, оборудованного системой дифференциального интерференционного контраста и видеофиксации изображений. Микрофотографии сделаны с помощью камеры Nikon Digital Sight Ds – 2Mv (Nikon, Japan). Определение вида проводилось по определителю J. Komárek et V. Fott (1983). Водоросль выделена в чистую культуру. Штамм культивируется на стандартных средах 3N BBM (Bold's Basal Medium) и WC (Andersen, 2005) в холодильной установке (Birysa 310ER, Russia) при температуре +10 – +14°C, оснащенной дополнительной лам-

пой дневного освещения с ФАР 10 мкмоль $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ Uniel ULI-P11-35 W/SPFR IP40 WHITE (China), с соблюдением соотношения периодов свет/темнота – 12/12 часов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Eremosphaera viridis De Bary (рис. 1–4) – Эремосфера зеленая.

Морфология (рис. 1–4). Морфология вида в новом местонахождении соответствовала ранее опубликованным данным (De Bary, 1958; Komárek, Fott, 1983; John et al., 2002). Водоросль характеризуется одиночными, свободноплавающими клетками (рис. 1) или встречается группами из 2–4 клеток, объединенных материнской оболочкой (рис. 2). Клетки имеют округлую, иногда овальную форму. Клеточная стенка толстая, гладкая, твердая, слегка слоистая (рис. 3), иногда с тонким слоем слизи на поверхности оболочки. В клетке содержатся около 200 нерегулярно расположенных хлоропластов неправильной дисковидной формы (рис. 3–4). Каждый хлоропласт содержит от 1 до

2–(3) пиреноидов. Также встречаются капли масла и большая вакуоль, расположенная в середине клетки, ядро крупное, как правило, центральное (Komárek, Fott, 1983). Размножение при помощи 2–4–(16) автоспор. Известно образование каротиноидсодержащих гипноспор с толстой шероховатой оболочкой (Komárek, Fott, 1983). В диагнозе вида приведены размеры клеток в диапазоне (30) 90–200 (–800?) мкм, хлоропластов – 7–11 мкм в диам. Для исследованного штамма размеры клеток отмечены от 180 до 240 мкм, хлоропласты – 5–11 мкм, в основном с одним пиреноидом (рис. 3–4).

Местонахождение. Безымянное ключевое болото на водоразделе рек Вычегда и Сысола, расположенное на территории муниципального образования городского округа г. Сыктывкар, в 3–3.5 км на юго-востоке от пос. Краснозатонский, 61°40'08" с.ш., 51°03'60" в.д., 116 м над ур. м., лужа в мочажине среди сфагновых мхов и осок. Живые (штамм SYKOA Ch-144-19) и фиксированные образцы хранятся в коллекциях Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO) и кафедры микологии и альгологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Местообитание. *Eremosphaera viridis* встречается преимущественно в слабо-кислых неглубоких водоемах (рН 6–6.8), заболоченных рвах, прудах, торфяных ямах, сфагновых болотах, лесных ямах, между мхами. Обитает на дне водоемов, поднимаясь над детритом на длинных слизистых тяжах (Korshikov, 1953). Для нового местонахождения отмечены следующие показатели водной среды: температура – 12.9°C, рН – 5.5, электропроводность – 94 мкСм/л, содержание солей – 117 ppm.

ОБСУЖДЕНИЕ

E. viridis обнаружен в водоемах Австралии, Британских островов, Китая, Украины, Швеции, Японии (Moore, 1901; Korshikov, 1953; Skuja, 1956; Hirose et al., 1977; Day et al., 1995; John et al., 2002; Hu, Wei, 2006; Tsarenko, 2011). Несмотря на то, что водоросль обладает довольно крупными размерами клеток и в ряде публикаций характеризуется как широко распространенный вид (Kukhareno, 1989; John et al., 2002), для севера европейской части России во флористических списках она не отмечалась, в том числе и в таксономическом обзоре по альгофлоре болотных почв бывшего СССР (Shtina et al., 1981). На территории России (в доступных нам флористических сводках) вид был отмечен только в азиатской части: в обрастаниях р. Серебрянки (Приморский край) (Kukhareno, 1989) и в планктоне р. Хрома (Якутия) при температуре воды 3.5°C (Komarenko, Vasilieva, 1978).

Выделенный штамм может рассматриваться как перспективный биотехнологический объект. Выявлено, что *E. viridis* в условиях стресса может

синтезировать вторичные каротиноиды, большое количество триацилглицеролов, полипептиды, мембранные липиды, а также ряд пигментов: хлорофилл а, хлорофилл b, β-каротин, виолаксантин, зеаксантин, лютеин, неоксантин, антераксантин, лютеин 5,6-эпоксид и α-каротин (Veichtel et al., 1992 a, b). Кроме того, вид широко используется в качестве модельной системы в физиологических исследованиях, особенно транспорта углерода и с участием калиевых каналов (Guiry, Guiry, 2021).

E. viridis скорее всего может быть встречен в разнообразных заболоченных экосистемах Европейской России, новые находки вида можно ожидать при обработке материалов, собранных в болотах и заболоченных водоемах, характеризующихся слабокислой и нейтральной реакцией водной среды.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках реализации государственных заданий Института биологии Коми НЦ УрО РАН № АААА-А19-119011790022-1 и Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова № АААА-А16-116021660063-6 (часть 2, п. 01 10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Andersen R.A. 2005. Algal Culturing Techniques. New York. 589 p.
- Day S.A., Wickham R.P., Entwisle T.J., Tyler P.A. 1995. Bibliographic check-list of non-marine algae in Australia. Flora of Australia Supplementary Series. Australian biological Resources Survey. Canberra. 276 p.
- De Bary A. 1858. Untersuchungen über die Familie der Conjugaten (Zygnemeen und Desmidiaceen). Ein Beitrag zur physiologischen und beschreibenden Botanik. Leipzig. 91 p.
- [Degteva, Goncharova] Дегтева С.В., Гончарова Н.Н. 2012. Проблемы охраны болот Республики Коми. – Известия Коми научного центра УрО РАН. 2 (10): 29–35.
- [Getzen et al.] Гецен М.В., Стенина А.С., Патова Е.Н. 2005. Библиография работ по современным водорослям Европейского Северо-Востока России. Сыктывкар. 88 с.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. (дата обращения: 21 января 2021).
- Hirose H.M., Akiyama T., Imahori H., Kasaki H., Juamo S., Kobayashi H., Takahashi E., Tsumura T., Hirano M., Yamagishi T. 1977. Illustrations of the Japanese freshwater algae. Tokyo. 933 p.
- Hu H., Wei Y. 2006. The freshwater algae of China. Systematics, taxonomy and ecology. Beijing. 1023 p.
- John D.M., Brian A. Whitton, Alan J. Brook. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge. 702 p.

- Komárek J., Fott B. 1983. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwassers. – In: Das Phytoplankton des Süßwassers (Die Binnengewässer). XVI. Stuttgart. 1044 p.
- [Komarenko, Vasilieva] Комаренко Л.Е., Васильева И.И. 1978. Пресноводные зеленые водоросли водоемов Якутии. М. 284 с.
- Korshikov A.A. 1953. Vznachnik prsnovodnihk vodorosley Ukrainskoy RSR. Вып. V. Pidklas Protokokovi (Protococcineae). Bakuol'ni (Vacuolales) ta Protokokovi (Protococcales). Kyiv. 439 p.
- [Kukhareenko] Кухаренко Л.А. 1989. Водоросли пресных водоемов Приморского края. Владивосток. 152 с.
- [Loseva et al.] Лосева Э.И., Стенина А.С., Марченко-Вагапова Т.И. 2004. Кадастр ископаемых и современных диатомовых водорослей Европейского Северо-Востока. Сыктывкар. 160 с.
- Moore G.T. 1901. New or little known unicellular algae. II. *Eremosphaera viridis* and *Excentrosphaera*. – Botanical Gazette. 32 (5): 309–324.
- [Patova, Novakovskaya] Патова Е.Н., Новаковская И.В. 2018. Почвенные водоросли северо-востока европейской части России. – Новости сист. низш. раст. 52: 311–353.
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.311>
- Sirin A., Minayeva T., Yurkovskaya T., Kuznetsov O., Smagin V., Fedotov Yu. 2017. Russian Federation (European Part). – In: Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation. Stuttgart. P. 589–616.
<https://doi.org/10.1127/mireseurope/2017/0001-0049>.
- Skuja H. 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. – Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Series IV. 16(3): 1–404.
- Štenclová L., Fučíková K., Kaštovský J., Pažoutová M. 2017. Molecular and morphological delimitation and generic classification of the family Oocystaceae (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). – Journal of Phycology. 53 (6): 1263–1282.
<https://doi.org/10.1111/jpy.12581>
- [Shtina, Antipina, Koslovskaja] Штина Э.А., Антипина Г.С., Козловская Л.С. 1981. Альгофлора болот Карелии и ее динамика. Л. 269 с.
- Tsarenko P.M. 2011. Trebouxiophyceae. – In: Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3: Chlorophyta. Ruggell. P. 61–108.
- Vechtel B., Eichenberger W., Ruppel H.G. 1992a. Lipid Bodies in *Eremosphaera viridis* De Bary (Chlorophyceae). – Plant Cell Physiol. 33 (1): 41–48.
- Vechtel B., Kahmann U., Ruppel H.C. 1992b. Secondary Carotenoids of *Eremosphaera viridis* De Bary (Chlorophyceae) Under Nitrogen Deficiency. – Bot. Acta. 105: 219–222.

EREMOSPHERA VIRIDIS (CHLOROPHYTA), A NEW SPECIES TO THE ALGAL FLORA OF THE NORTHEASTERN EUROPEAN PART OF RUSSIA

E. N. Patova^{a, #}, I. V. Novakovskaya^{a, ##}, O. V. Anisimova^b, and N. N. Goncharova^a

^a *Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch RAS
Kommunisticheskaya Str., 28, Syktyvkar, 167982, Russia*

^b *Moscow State University
Leninskie Gory, 1, Moscow, 119991, Russia*

[#] *e-mail: patova@ib.komisc.ru*

^{##} *e-mail: novakovskaya@ib.komisc.ru*

Information on the first finding of a rare unicellular green alga *Eremosphaera viridis* in the northeastern European part of Russia is given. The species was found in a spring bog of the Vychegda River basin. *E. viridis* was isolated as a unialgal culture and is maintaining in the collection of living algae cultures at the Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (SYKOA).

Keywords: *Eremosphaera*, floristic records, spring bog, northeast of the European part of Russia

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the state tasks of the Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of RAS (project AAAA-A19-119011790022-1), and Lomonosov Moscow State University (project AAAA-A16-116021660063-6, part 2 p. 01 10).

REFERENCES

- Andersen R.A. 2005. Algal Culturing Techniques. New York. 589 p.
- Day S.A., Wickham R.P., Entwisle T.J., Tyler P.A. 1995. Bibliographic check-list of non-marine algae in Australia. Flora of Australia Supplementary Series. Australian biological Resources Survey. Canberra. 276 p.
- De Bary A. 1858. Untersuchungen über die Familie der Conjugaten (Zygnemeen und Desmidiéen). Ein Beitrag zur physiologischen und beschreibenden Botanik. Leipzig. 91 p.
- Degteva S.V., Goncharova N.N. 2012. Problems of mire ecosystems protection in the Komi Republic. – Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Divi-

- sion of the Russian Academy of Sciences. 2 (10): 29–35 (In Russ.).
- Getzen M.V., Stenina A.S., Patova E.N. 2005. Bibliografiya rabot po sovremennym vodoroslyam Evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii [Bibliography of publications on modern algae in the European North-East of Russia]. Syktyvkar. 88 p. (In Russ.).
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>. (accessed: 21 January 2021).
- Hirose H.M., Akiyama T., Imahori H., Kasaki H., Juamo S., Kobayasi H., Takahashi E., Tsumura T., Hirano M., Yamagishi T. 1977. Illustrations of the Japanese freshwater algae. Tokyo. 933 p.
- Hu H., Wei Y. 2006. The freshwater algae of China. Systematics, taxonomy and ecology. Beijing. 1023 p.
- John D.M., Brian A. Whitton, Alan J. Brook. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge. 702 p.
- Komárek J., Fott B. 1983. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwassers. — In: Das Phytoplankton des Süßwassers (Die Binnengewässer) XVI. Stuttgart. 1044 p.
- Komarenko L.E., Vasilieva I.I. 1978. Presnovodnye zelenye vodorosli vodoemov Yakutii [Freshwater green algae of the water bodies of Yakutia]. Moscow. 284 p. (In Russ.).
- Korshikov A.A. 1953. Vznachnik prisnovodnihk vodorostey Ukrainykoï RSR V. Pidklas Protokokovi (Protococcineae). Vakuol'ni (Vacuolales) ta Protokokovi (Protococcales) [The Freshwater Algae of the Ukrainian SSR. V. Sub-Class Protococcineae. Vacuolales and Protococcales]. Kiev. 439 p. (In Ukr.).
- Kukhareno L.A. 1989. Vodorosli presnykh vodoemov Primorskogo kraya [Algae of fresh water bodies of Primorskiy Kray]. Vladivostok. 152 p. (In Russ.).
- Loseva E.I., Stenina A.S., Marchenko-Vagapova T.I. 2004. Kadastr iskopaemykh i sovremennykh diatomovykh vodorosley Evropeyskogo Severo-Vostoka [Cadastre of fossil and modern diatoms in the European North-East]. Syktyvkar. 160 p. (In Russ.).
- Moore G.T. 1901. New or little known unicellular algae. II. *Eremosphaera viridis* and *Excentrosphaera*. — Botanical Gazette. 32(5): 309–324.
- Patova E.N., Novakovskaya I.V. 2018. Soil algae of the Northeastern European Russia. — Novosti Sist. Nizsh. Rast. 52: 311–353 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.311>.
- Shtina E.A., Antipina G.S., Koslovskaja L.S. 1981. Al'goflora bolot Karelii i ee dinamika [Algoflora of bogs of Karelia and its dynamics]. Leningrad. 269 p. (In Russ.).
- Sirin A., Minayeva T., Yurkovskaya T., Kuznetsov O., Smagin V., Fedotov Yu. 2017. Russian Federation (European Part). — In: Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation. Stuttgart. P. 589–616. <https://doi.org/10.1127/mireseurope/2017/0001-0049>.
- Skuja H. 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. — Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis. Series IV. 16 (3): 1–404.
- Štenclová L., Fučíková K., Kaštovský J., Pažoutová M. Molecular and morphological delimitation and generic classification of the family Oocystaceae (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). — J. Phycol. 53 (6): 1263–1282. <https://doi.org/10.1111/jpy.12581>
- Tsarenko P.M. 2011. Trebouxiophyceae. — In: Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Volume 3: Chlorophyta. Ruggell. P. 61–108.
- Vechtel B., Eichenberger W., Ruppel H.G. 1992a. Lipid Bodies in *Eremosphaera viridis* De Bary (Chlorophyceae). — Plant Cell Physiol. 33 (1): 41–48.
- Vechtel B., Kahmann U., Ruppel H.C. 1992b. Secondary Carotenoids of *Eremosphaera viridis* De Bary (Chlorophyceae) Under Nitrogen Deficiency. — Bot. Acta. 105: 219–222.