Алкалифильный вид *Euastrum lacustre* (Charophyta, Zygnematophyceae) — первая находка в России

О. В. Анисимова

Звенигородская биологическая станция, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
flora_oa@mail.ru

Резюме. Впервые для флоры России указан алкалифильный вид десмидиевой водоросли *Euastrum lacustre*, встреченный в трех озерах Курской области. Приводятся описание морфологии клеток и рельефа клеточной оболочки, данные о местонахождении вида, микрофотографии, выполненные с помощью СМ и СЭМ. Обсуждаются различия *E. lacustre* с морфологически сходными видами. Вместе с *E. lacustre* в пробах встречены новые для области виды: *Closterium aciculare*, *Cosmarium formosulum*, *C. granatum*, *C. pseudoinsigne*, *C. reniforme* и *Staurastrum pingue*.

Ключевые слова: *Euastrum*, Desmidiales, клеточная стенка, Курская область.

Alkaliphilic species *Euastrum lacustre* (Charophyta, Zygnematophyceae), first record from Russia

O. V. Anissimova

Zvenigorod Biological Station, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
flora_oa@mail.ru

Abstract. *Euastrum lacustre* is reported for Russia for the first time. This alcaliphilic species was found in the periphyton and plankton of three lakes in the Kursk Region (European Russia). A description of morphology, including the relief of cell wall, and habitats where this taxon is found are represented. LM and SEM microphotographs are provided. Morphological differences of *E. lacustre* from similar species are discussed. New species for region, namely *Closterium aciculare*, *Cosmarium formosulum*, *C. granatum*, *C. pseudoinsigne*, *C. reniforme* and *Staurastrum pingue*, are found in the samples together with *E. lacustre*.

Keywords: *Euastrum*, Desmidiales, cell wall, Kursk Region.

Род *Euastrum* Ehrenb. ex Ralfs — один из крупнейших родов десмидиевых водорослей (Desmidiales Bessey). Традиционно его выделяют, как и другие десмидиевые водоросли, по морфологическим признакам. В качестве основных из них можно считать наличие глубокой перетяжки между полуклетками, края которых чаще всего разделены на боковые и полярную лопасти (последняя имеет верхушечный вырез разной степени выраженности). Поверхность полуклеток неровная, с вздутыми буграми в центре и бородавками по краям. Для большинства видов *Euastrum* характерно наличие на оболочке небольших ямок — скробикул (Anissimova, 2016). Известно 4 типа скробикул (S1, S2, S3 и S4), из них первые 3 встречаются только на оболочке *Euastrum*.

Виды *Euastrum* широко представлены во флоре Европы. Согласно Guiry, Guiry (2019), более 70 видов этого рода встречается в Европе, из них 56 — в водоемах европейской части России. Экологическая особенность видов *Euastrum* заключается в их приуроченности к слабокислым водам. Однако по данным Růžička (1981), в слабощелочных водоемах Европы встречаются 3 вида — *E. pectinatum* Bréb. ex Ralfs (от слабокислых до слабощелочных), *E. spinulosum* Delponte (в нейтральных до слабощелочных) и *E. lacustre* (Messik.) Coesel (в слабощелочных водах).

Наиболее полные сведения о разнообразии *Euastrum* на территории России содержатся в монографии Косинской (Kossinskaja, 1960). К сожалению, в большинстве современных публикаций по разным регионам России, включающих сведения о видах рода *Euastrum*, представлены списки видов, зачастую не снабженные иллюстрациями и описаниями таксонов. Это во многом затрудняет анализ морфологических особенностей и экологической приуроченности видов из разных местообитаний.

Исследование альгофлоры Курской обл. начато в 1999 г. на территории Центрально-Черноземного биосферного заповедника (северная часть области) и проводилось там регулярно до 2004 г. До настоящего времени для водоемов области было известно 78 видов из класса Zygnematophyceae, в их числе 4 вида *Euastrum* (*E. bidentatum* Nägeli, *E. dubium* Nägeli, *E. pinnatum* Ralfs и *E. verrucosum* Ehrenb. ex Ralfs), обнаруженных в сфагновых болотах с кислой реакцией воды (Tanchenko, Anissimova, 2006).

В результате целенаправленных исследований представителей рода *Euastrum* в водоемах Курской обл. был обнаружен новый для флоры России вид *E. lacustre*, один из немногих представителей порядка Desmidiales, встречающийся в слабощелочных водах.

Материал и методы

Пробы обрастаний высших растений были собраны в прибрежной зоне трех озер на территории Михайловского р-на (юг Курской обл.) в октябре 2019 г. Одновременно с отбором проб проведены измерения pH (pH/mB/°C-метр HannaInstruments 8314) и солености воды (HannaInstruments DIST-2). Материал изучали в живом состоянии с использованием светового микроскопа (СМ — Leica DM-1000), препараты для сканирующего электронного микроскопа (СЭМ — Jeol JSM-6308LA) выполнены по общепринятой методике (Anissimova, 2016). Встречаемость клеток в пробах оценена по шкале С. М. Вислоуха (Korde, 1956).

Список использованных в работе проб

Все пробы собраны лично автором. Номера проб соответствуют образцам из альгологической коллекции, которая хранится на кафедре микологии и альгологии биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова.

Курская обл., Михайловский р-н: 417 — оз. Копытце, 52.162507°N, 35.225176°E, pH 8.9, соленость 0.29 г/л, планктон, 7 X 2019; 418 — оз. Копытце, 52.162507°N, 35.225176°E, pH 8.9, соленость 0.29 г/л, обрастания водных растений, 7 X 2019; 419 — оз. Рдестовое,

52.162667°N, 35.224819°E, pH 8.3, соленость 0.98 г/л, обрастания водных растений, 7 X 2019; 426 — оз. Глубокое, 52.163354°N, 35.285973°E, pH 8.4, соленость 0.48 г/л, планктон, 7 X 2019; 427 — оз. Глубокое, 52.163354°N, 35.285973°E, pH 8.4, соленость 0.48 г/л, обрастания водных растений, 7 X 2019.

Результаты

В результате анализа проб впервые в России был обнаружен алкалифильный вид *Euastrum lacustre*.

Euastrum lacustre (Messik.) Coesel 1984, Acta Bot. Neerl., 33(4): 395. (Plate I: 1–5)

≡ *Euastrum binale* var. *lacustre* Messik. 1927, Mitt. Bot. Mus. Univ. Zürich, 122: 98, taf. 1, fig. 16.

= *Euastrum insulare* var. *lacustre* (Messik.) Willi Krieg. 1937, Rabenh. Krypt.-Fl., Bd 13, Abt. 1, Lief. 4: 556, pl. 76, figs. 15–18.

Полуклетки трапециевидные, разделенные на лопасти. Клетки 30–34 мкм дл., 21–24 мкм шир., 14–15 мкм толщ., полярная лопасть 13–15 мкм шир., перешеек 7.5–8.4 мкм шир. Полярная лопасть почти прямоугольная с широко открытым верхушечным вырезом, апикальные углы заостренные за счет присутствия мелкой бородавки на краю лопасти (Plate I: 2, белые стрелки). Базальные лопасти крупнее боковых, имеют уплощенную вершину и отделены от них широкой выемкой (Plate I: 1, 2). В середине полуклетки и в ее основании над перешейком имеются слабо выраженные вздутия (Plate I: 2, черные стрелки). Оболочка на лицевой поверхности полуклеток равномерно и плотно покрыта мелкими округлыми или слегка угловатыми беспоровыми скробикулами S3, 0.50–0.91 мкм в поперечнике (Plate I: 4, черная стрелка) и мелкими однопоровыми округлыми скробикулами S4, 0.50–0.61 мкм диам. (Plate I: 4, белая стрелка). Оболочка сверху и с боков гладкая. При виде сверху клетки овальных очертаний, на боках полярной лопасти расположено по одной мелкой бородавке (Plate I: 5, белые стрелки). При виде сбоку полуклетки овальных очертаний, со срединным вздутием с каждой стороны. Вся оболочка клетки равномерно пронизана порами, плотность расположения 18–22 на 100 мкм^2. По краям верхушечного выреза и на вершинах всех лопастей поры расположены поперечными рядами (Plate I: 5, черная стрелка).

Распространение в России: Курская обл., оз. Копытце, планктон, обрастания водных растений, в массе; оз. Рдестовое, обрастания водных растений, единично; оз. Глубокое, планктон, обрастания водных растений, часто.

Распространение в мире: Великобритания (John *et al.*, 2002), Германия (Ludwig, Schnittler, 1996; Kusber, Gutowski, 2018), Нидерланды (Coesel, 1985), Франция (Kouwets, 1999), Куба (Comas González, 2009), Новая Зеландия (Croasdale, Flint, 1986; Broady *et al.*, 2012), Северная Америка (Rosen *et al.*, 2019).

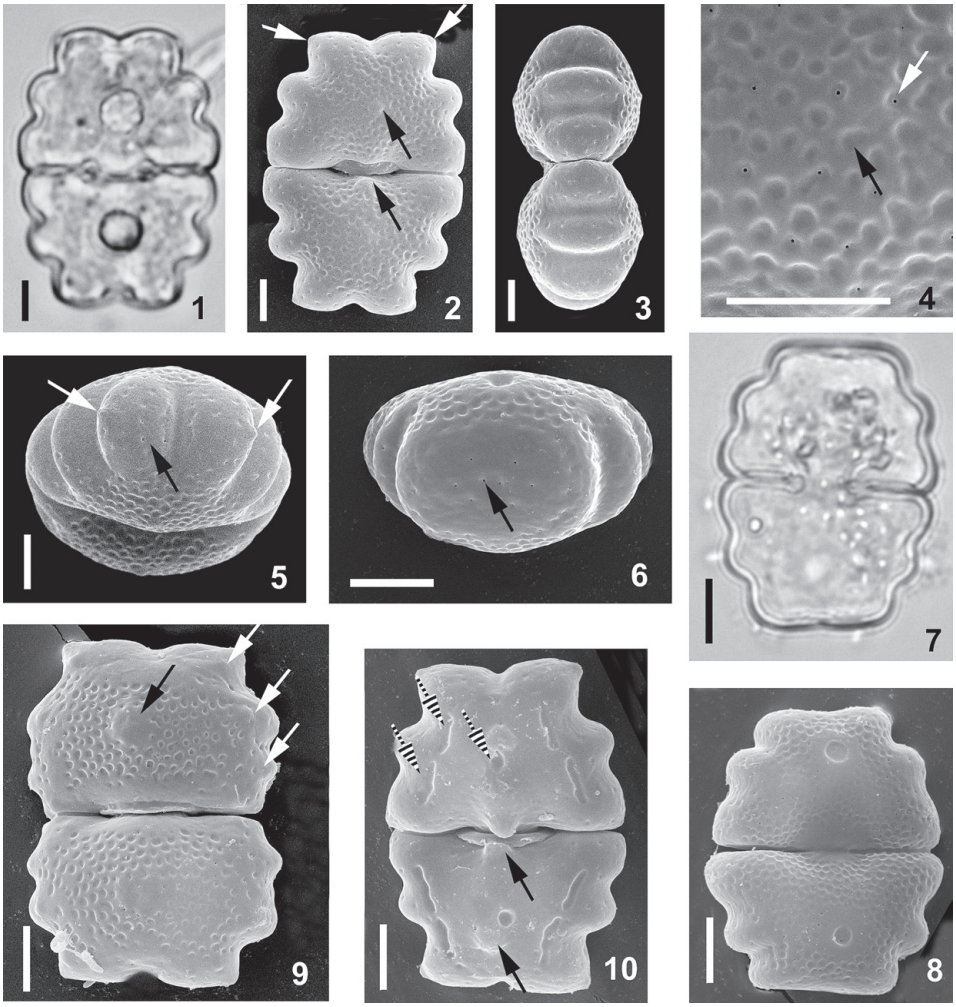

Plate I. 1–5 — *Euastrum lacustre*; 6–8 — *Cosmarium venustum*; 9 — *Euastrum montanum*; 10 — *Euastrum biscrobiculatum*. All from sample 418.
1, 7 — фронтальный вид, СМ / frontal view, LM; 2, 8–10 — фронтальный вид, СЭМ: бородавки (белые стрелки), вздутия (черные стрелки), скробикулы S3 (полосатые стрелки) / frontal view, SEM: warts (white arrows), inflations (black arrows), scrobicles S3 (striped arrows); 3 — вид сбоку, СЭМ / lateral view, SEM; 4 — рельеф оболочки, СЭМ: скробикулы S3 (черная стрелка), скробикулы S4 (белая стрелка) / cell wall sculpture, SEM: scrobicles S3 (black arrow), scrobicles S4 (white arrow); 5, 6 — вид сверху, СЭМ: бородавки (белые стрелки), верхушечные поры (черные стрелки) / apical view, SEM: warts (white arrows), apical pores (black arrows). Масштабные линейки / Scale bars: 5 μm.

Обсуждение

Первоописание *Euastrum lacustre* приводится в ранге разновидности *E. binale* var. *lacustre* Messik. (Messikommer, 1927: 98). Позднее Krieger (1937: 556) отнес эту разновидность к другому виду — *E. insulare* var. *lacustre* (Messik.) Willi Krieg. Исследования с использованием СЭМ (Coesel, 1984) показали, что рельеф клеточной стенки сильно отличается у сходных по габитусу разновидностей *E. insulare* (var. *insulare*, var. *basichondrum* Messik. и var. *lacustre*), поэтому Coesel (1984: 395) предложил повысить ранг разновидности *E. insulare* var. *lacustre* до вида *E. lacustre* (Messik.) Coesel, основываясь как на морфологических особенностях клеток, так и на приуроченности данного вида к слабощелочным водоемам.

В СМ *Euastrum lacustre* имеет сходство с широко распространенным во всех регионах Европы и разных типах водоемов *Cosmarium venustum* (Bréb.) W. Archer (Plate I: 6–8). Линейные размеры этих видов перекрываются, поэтому основными отличиями следует считать строение верхушек полуклеток и рельеф лицевой поверхности оболочки, хорошо различимые в СЭМ. У *C. venustum* можно наблюдать апикальное поровое поле: 2 центральные и 6 окружающих пор (Plate I: 6), у *E. lacustre* имеется верхушечный вырез, поры на апексе расположены рядами (Plate I: 5, черная стрелка). Рельеф оболочки у этих видов отличается не только структурой скробикул, но и тем, что у *C. venustum* в середине полуклетки имеется ямка (Plate I: 8), а у *E. lacustre* — вздутие (Plate I: 2, верхняя черная стрелка).

Сходство в форме полуклеток *E. lacustre* наблюдается с *E. dissimile* (Nordst.) Schmidle и *E. pseudodubium* Messik. Детальное строение оболочки у *E. dissimile* и *E. pseudodubium* не изучено в СЭМ, но, согласно описаниям (Růžička, 1981), скробикулы у них отсутствуют, что хорошо отличает их от *E. lacustre*. Два вида, *E. montanum* West et G. S. West и *E. biscrobiculatum* (Wołosz.) Coesel (Plate I: 9, 10), отличаются от *E. lacustre*, прежде всего, формой лопастей и другим расположением бородавок и вздутий. Так, *E. biscrobiculatum* имеет принципиально другой рельеф оболочки: одна скробикула S3 находится в центре полуклетки и несколько боковых скробикул S3 имеют вид борозд (Plate I: 10, полосатые стрелки), бородавки хорошо выражены (Plate I: 10). Наибольшее сходство рельефа оболочки *E. lacustre* прослеживается с *E. montanum*, но выраженным отличием служат бородавки на краях всех лопастей и крупное срединное вздутие у последнего (Plate I: 9, белые стрелки).

От других представителей рода *Euastrum*, известных для Европы, обсуждаемый вид отличается плотным расположением мелких скробикул на лицевой поверхности полуклеток, создающих своеобразный рельеф клеточной оболочки (Plate I: 2, 4). Вероятно, вследствие внешнего сходства видов и различий, видимых только в электронном микроскопе, *E. lacustre* до настоящего времени не указывали для альгофлоры Восточной Европы.

По результатам нашего исследования, *E. lacustre* обнаружен в водоемах со слабощелочной реакцией среды и соленостью до 0.98 г/л, что подтверждает данные литературы об алкалифильности этого вида (Messikommer, 1927; Růžička, 1981;

Coesel, 1984). Вместе с *E. lacustre* в оз. Копытце (пробы 417, 418) встречаются и другие виды десмидиевых водорослей, способные жить в слабощелочных водах, такие как *Closterium aciculare* T. West, *C. parvulum* Nägeli, *Cosmarium formosulum* Hoff, *C. granatum* Bréb. ex Ralfs, *C. pseudoinsigne* Prescott, *C. reniforme* (Ralfs) W. Archer и *Staurastrum pingue* Teiling. Следует отметить, что все виды (за исключением *C. parvulum*) впервые найдены нами в водоемах Курской обл.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность руководству Центрально-Черноземного биосферного заповедника и, в частности, Н. И. Золотухину за предоставленную возможность сбора материала. Исследования выполнены в рамках госзадания МГУ, ч. 2 (р. 01 10) тема № АААА-А16-116021660063-6, на оборудовании Центра коллективного пользования МГУ имени М. В. Ломоносова при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

Литература

Anissimova O. V. 2016. Architecture of cell wall of *Euastrum* Ralfs: new genus critheria. *Moscow University Biological Sciences Bulletin* 71(3): 155–159. https://doi.org/10.3103/S0096392516030019

Broady P. A., Flint E. A., Nelson W. A., Cassie Cooper V., De Winton M. D., Novis P. M. 2012. Phylum Chlorophyta and Charophyta: green algae. *New Zealand inventory of biodiversity. Vol. 3. Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi*. Christchurch: 347–381.

Coesel P. F. M. 1984. Taxonomic implications of SEM revealed cell wall sculpturing in some small-sized desmid species (Chlorophyta, Conjugatophyceae). *Acta Botanica Neerlandica* 33(4): 385–398. https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1984.tb01833.x

Coesel P. F. M. 1985. De Desmidiaceeën van Nederland — Sieralgen-Deel 3 Fam. Desmidiaceae. *Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging* 170: 1–69.

Comas González A. 2009. *Catálogo de las algas y cianoprocariotas dulciacuícolas de Cuba*. Cienfuegos: 147 p.

Croasdale H. T., Flint E. A. 1986. Freshwater algae, Chlorophyta, Desmids. *Flora of New Zealand. Vol. 1*. Wellington: 133 p.

Guiry M. D., Guiry G. M. 2019. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org (Дата обращения: 8 X 2019).

John D. M., Whitton B. A., Brook A. J. 2002. *The freshwater algal flora of the British Isles; an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge: 556 p.

[Korde] Кордэ Н. В. 1956. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ). *Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. Вып. 1*. М.–Л.: 383–411.

[Kossinskaja] Косинская Е. К. 1960. *Флора споровых растений СССР. Т. 5. Коньюгаты, или сцеплянки (2). Вып. 1. Десмидиевые водоросли*. М.–Л.: 706 с.

Kouwets F. A. C. 1999. A check-list of desmids (Chlorophyta, Zygnemaphyceae) of France. *Patrimoines Natureles. Vol. 41*. Paris: 148 p.

Krieger W. 1937. Die Desmidiaceen Europas mit Berücksichtigung der aussereuropäischen Arten. *Dr. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Bd 13, Abt. 1, Lief. 4*. Leipzig: 537–712.

Kusber W.-H., Gutowski A. 2018. Rote Liste und Gesamtartenliste der Zieralgen (Desmidiales) Deutschlands. *Rote Liste der gefährdeten Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70. Bd 7. Pflanzen*. Münster: 711–778.

Ludwig G., Schnittler M. 1996. Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde. Heft 28*. Bonn, Bad Godesberg: 1–744.

Messikommer E. 1927. Biologische Studien in Torfmoor von Tobenhausen unter besonderen Berüchsichtigung der Algen-vegetation. *Mitteilungen aus dem Botanisches Museum Universität Zürich* 122: 1–171.

Rosen B. H., Stahlhut K. N., Hall J. D. 2019. Catalog of microscopic organisms of the Everglades, part 2 — The desmids of the Arthur R. Marshall Loxahatchee National Wildlife Refuge. *U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2019-5074*. Reston: 1–277. https://doi.org/10.3133/sir20195074

Růžička J. 1981. *Die Desmidiaceen Mitteleuropas. Bd 1(2)*. Stuttgart: 293–736.

[Tanchenko, Anissimova] Танченко Е. М., Анисимова О. В. 2006. Видовой состав водорослей перифитона и бентоса и его сезонные изменения в малых водоемах Центрально-Черноземного заповедника (Курская область). *Бюллетень МОИП, отдел биологический* 111(1): 69–77.

References

Anissimova O. V. 2016. Architecture of cell wall of *Euastrum* Ralfs: new genus critheria. *Moscow University Biological Sciences Bulletin* 71(3): 155–159. https://doi.org/10.3103/S0096392516030019

Broady P. A., Flint E. A., Nelson W. A., Cassie Cooper V., De Winton M. D., Novis P. M. 2012. Phylum Chlorophyta and Charophyta: green algae. *New Zealand inventory of biodiversity. Vol. 3. Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi*. Christchurch: 347–381.

Coesel P. F. M. 1984. Taxonomic implications of SEM revealed cell wall sculpturing in some small-sized desmid species (Chlorophyta, Conjugatophyceae). *Acta Botanica Neerlandica* 33(4): 385–398. https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1984.tb01833.x

Coesel P. F. M. 1985. De Desmidiaceeën van Nederland — Sieralgen-Deel 3 Fam. Desmidiaceae. *Wetenschappelijke Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging* 170: 1–69.

Comas González A. 2009. *Catálogo de las algas y cianoprocariotas dulciacuícolas de Cuba*. Cienfuegos: 147 p.

Croasdale H. T., Flint E. A. 1986. Freshwater algae, Chlorophyta, Desmids. *Flora of New Zealand. Vol. 1*. Wellington: 133 p.

Guiry M. D., Guiry G. M. 2019. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org (Date of access: 08 X 2019).

John D. M., Whitton B. A., Brook A. J. 2002. *The freshwater algal flora of the British Isles; an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge: 556 p.

Korde N. V. 1956. Metodika biologicheskogo izucheniya donnykh otlozhenii SSSR (polevaya rabota i biologicheskii analiz). *Zhyzn' presnykh vod SSSR. T. 4. Vyp. 1* [Methodology for the biological study of bottom sediments of lakes (field work and biological analysis). Life of freshwaters USSR. Vol. 4, Iss. 1]. Moscow–Leningrad: 383–411. (In Russ.).

Kossinskaja E. K. 1960. *Flora sporovykh rastenii SSSR. T. 5. Kon'yugaty, ili stseplyanki (2). Vyp. 1. Desmidievye vodorosli* [Flora plantarum cryptogamarum URSS. Vol. 5. Conjugatae (II). Fasc. 1. Desmidiales]. Moscow–Leningrad: 706 p. (in Russ.).

Kouwets F. A. C. 1999. A check-list of desmids (Chlorophyta, Zygnemaphyceae) of France. *Patrimoines Natureles. Vol. 41*. Paris: 148 p.

Krieger W. 1937. Die Desmidiaceen Europas mit Berücksichtigung der aussereuropäischen Arten. *Dr. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Bd 13, Abt. 1, Lief. 4*. Leipzig: 537–712.

Kusber W.-H., Gutowski A. 2018. Rote Liste und Gesamtartenliste der Zieralgen (Desmidiales) Deutschlands. *Rote Liste der gefährdeten Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70. Bd 7. Pflanzen*. Münster: 711–778.

Ludwig G., Schnittler M. 1996. Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde. Heft 28*. Bonn, Bad Godesberg: 1–744.

Messikommer E. 1927. Biologische Studien in Torfmoor von Tobenhausen unter besonderen Berüchsichtigung der Algen-vegetation. *Mitteilungen aus dem Botanisches Museum Universität Zürich* 122: 1–171.

Rosen B. H., Stahlhut K. N., Hall J. D. 2019. Catalog of microscopic organisms of the Everglades, part 2 — The desmids of the Arthur R. Marshall Loxahatchee National Wildlife Refuge. *U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2019-5074*. Reston: 1–277. https://doi.org/10.3133/sir20195074

Růžička J. 1981. *Die Desmidiaceen Mitteleuropas. Bd 1(2)*. Stuttgart: 293–736.

Tanchenko E. M., Anissimova O. V. 2006. Species diversity of periphytonic and bentonic algae and its seasonal changes in small reservoirs of Central Black Earth reserve (Kursk region). *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Otdel biologicheskii* 111(1): 69–77. (In Russ. with Engl. abstract).