

**ЕВГЕНИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ ПАВЛОВСКИЙ**  
 студент департамента «Биологический факультет» Института естественных наук, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Российская Федерация)  
*lcvartely@gmail.com*

**АЛЕКСАНДР ГЕННАДЬЕВИЧ ПАУКОВ**  
 кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники Института естественных наук, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Российская Федерация)  
*alexander\_paukov@mail.ru*

## ВИДЫ РОДА *PHACUS* (EUGLENOPHYCEAE) В ВОДОЕМАХ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Целью данной работы является идентификация видов рода *Phacus* в водоемах города Екатеринбурга и формирование списка видов в соответствии с современными таксономическими преобразованиями. Сбор проб осуществлялся с использованием планктонной сети по берегам водоемов различных типов в окрестностях г. Екатеринбурга в течение двух вегетационных периодов. При исследовании водоемов г. Екатеринбурга было идентифицировано семнадцать видов и одна разновидность рода *Phacus*. Все обнаруженные виды являются новыми для Среднего Урала. Приведены описания и микротографии всех встреченных видов.

Ключевые слова: *Euglenophyta*, *Phacaceae*, *Phacus*, Средний Урал, видовой состав

### ВВЕДЕНИЕ

Эвгленовые водоросли занимают изолированное положение среди других групп автотрофных организмов. Они филогенетически близки к кинетопластидам и значительно удалены от других групп эукариот. На территории Российской Федерации специальных исследований фототрофных эвгленид в настоящее время не проводится; сведения о видовом составе, в которых упоминаются эвгленовые, как правило, включены в общие флористические сводки и представлены ограниченным количеством видов. Важность таких исследований продиктована тем, что группа эвгленовых водорослей претерпела масштабные таксономические перестройки с конца XX века. Работы на русском языке в большинстве своем базируются на трудах Т. Г. Поповой [1], [2], и по сей день актуальных среди ведущих мировых специалистов. В настоящее время данные пособия не в полной мере отражают современные таксономические изменения в пределах рода, основанные не только на морфофизиологических признаках, но и на генетических данных [8], [9], [10]. Неравномерная изученность группы эвгленовых на территории Российской Федерации характерна и для Урала – существуют крупные работы по Южному Уралу [5], [6], в то же время Средний и Северный Урал – крайне малоизученные области и представляют наибольший интерес для исследователей.

Клетки представителей рода *Phacus* имеют «жесткую» пелликулу, обычно плоские, листовидной формы, иногда скручены. Хлоропласти

практически идентичны у всех видов рода – постенные, дисковидные, без пиреноидов. Количественно хлоропластины настолько многочисленны, что посчитать их практически невозможно. Парамилоновые зерна всегда крупные, легко различимые, в большинстве случаев в форме пластин или колец [11], [12].

Род *Phacus* в базе AlgaeBase насчитывает 565 видов и подвидов, из которых лишь 169 в настоящее время признаны таксономически корректными [7].

Цель данной работы – провести идентификацию видов рода *Phacus* в водоемах города Екатеринбурга и формирование списка видов в соответствии с современными таксономическими перестановками [8], [9], [10].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы были отобраны в 12 водоемах г. Екатеринбурга и его окрестностей. В трех водоемах были обнаружены представители исследуемого рода:

Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск ( $56^{\circ}36'13.5''$  N  $61^{\circ}03'56.9''$  E). Истоком реки Исеть является Исетское озеро площадью 24 км<sup>2</sup>, расположенное в 25 км от города Екатеринбурга. Длина р. Исеть – 606 км, площадь бассейна – 59 тыс. км<sup>2</sup>. Сток регулируется плотиной. Река протекает по Свердловской, Курганской и Тюменской областям и имеет 37 притоков, сама же является левым притоком реки Тобол.

Пруд в Харитоновском саду г. Екатеринбурга ( $56^{\circ}50'48.8''$  N  $60^{\circ}36'50.5''$  E). Искусственный

пруд, был создан в 1826 году на ручье Засухин Ключ, впадающем в реку Основинка. Длина береговой линии – 450 м. Подвергался заболачиванию и антропогенному загрязнению. В настоящее время ежегодно очищается человеком.

Пруд Карасики в г. Екатеринбурге ( $56^{\circ}50'58.3''$  N  $60^{\circ}41'02.0''$  E). Водоем образован на месте добычи гранита, почвенное дно отсутствует. Площадь и глубина сильно варьируются от количества атмосферных осадков – в их долгосрочное отсутствие суммарный объем воды может уменьшаться до порядка десяти литров. Достаточное количество органических соединений для существования представителей рода, вероятно, объясняется высоким уровнем антропогенного воздействия на водоем.

Исследованная территория располагается в восточных предгорьях Среднего Урала и Зауральской складчатой возвышенности и относится к подзоне южной тайги [3], [4]. Климату региона, как и всему Уралу, свойственны хорошо развитые термические инверсии.

Материалом для данной работы послужили сборы Е. В. Павловского в водоемах г. Екатеринбурга, а также в Сысертском районе Свердловской области, в окрестностях пгт Двуреченск, на базе Биостанции УрФУ. Сборы проводились в течение двух сезонов: 23.06.2015–10.09.2015 и 11.05.2016–30.09.2016. Отбор проб производился по берегам водоемов различных типов с помощью сети Апштейна. Из каждого водоема в пробирки объемом 50 мл был собран концентрат из 10 литров воды. Пробы были просмотрены на микроскопе «Биомед 5» и сфотографированы с применением камеры Levenhuk C310 NG 3М.

Для идентификации видов использовался Определитель пресноводных водорослей СССР [1]. Номенклатура приведена в соответствии с [8], [9], [10]. Проверка определения была выполнена профессором B. Zakryś, главой департамента молекулярной филогении и эволюции Университета Варшавы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных водоемах идентифицировано 17 видов и одна разновидность из рода *Phacus*. Далее приводятся описания встреченных видов, каждый из которых иллюстрирован фотографиями (рисунок).

*Phacus acutinatus* Stokes – клетки широкоовальные или широко-яйцевидные, длиной 24–33 мкм, шириной 17–25 мкм, спереди закругленные, на заднем конце резко переходят в очень короткий прямой или чуть изогнутый концевой отросток. Пелликула с продольной штриховкой. Два парамилюновых зерна расположены по обе стороны от ядра по продольной линии. Гребневидная продольная складка заметна до середины или до заднего конца клетки. Пруд в Харитоновском саду, пруд Карасики.

*Phacus alata* Klebs – клетки округлые, длиной 33–42 мкм, шириной 25–32 мкм. Боковые стороны утолщены. Два парамилюновых зерна расположены по бокам клетки и постепенно прилегают к ним своей плоской стороной. Хвостовой отросток короткий, клювовидно загнут. Пруд Карасики.

*Phacus arnoldii* Svirenko – клетки практически круглые, плоские, длиной 89–92 мкм, шириной 71–73 мкм. Ярко выраженный киль S-образно загнут, из-за чего на поперечном разрезе клетки трехлучевые. Концевой отросток прямой, иногда слегка загнут, около 17–18 мкм длиной. Пелликула спирально исчерчена в обоих направлениях, из-за чего клетки кажутся чешуйчатыми. Парамилюн кольцевидный в центре клетки. Пруд Карасики.

*Phacus arnoldii* var. *ovatus* Popova – клетки широкоовальные, с S-образно изогнутым килем, на поперечном разрезе трехлучевые, длиной 51–63 мкм, шириной 30–35 мкм, задний конец со слабо изогнутым бесцветным узким концевым отростком, пелликула со спиральными штрихами, парамилюновое зерно дисковидное. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск, пруд Карасики.

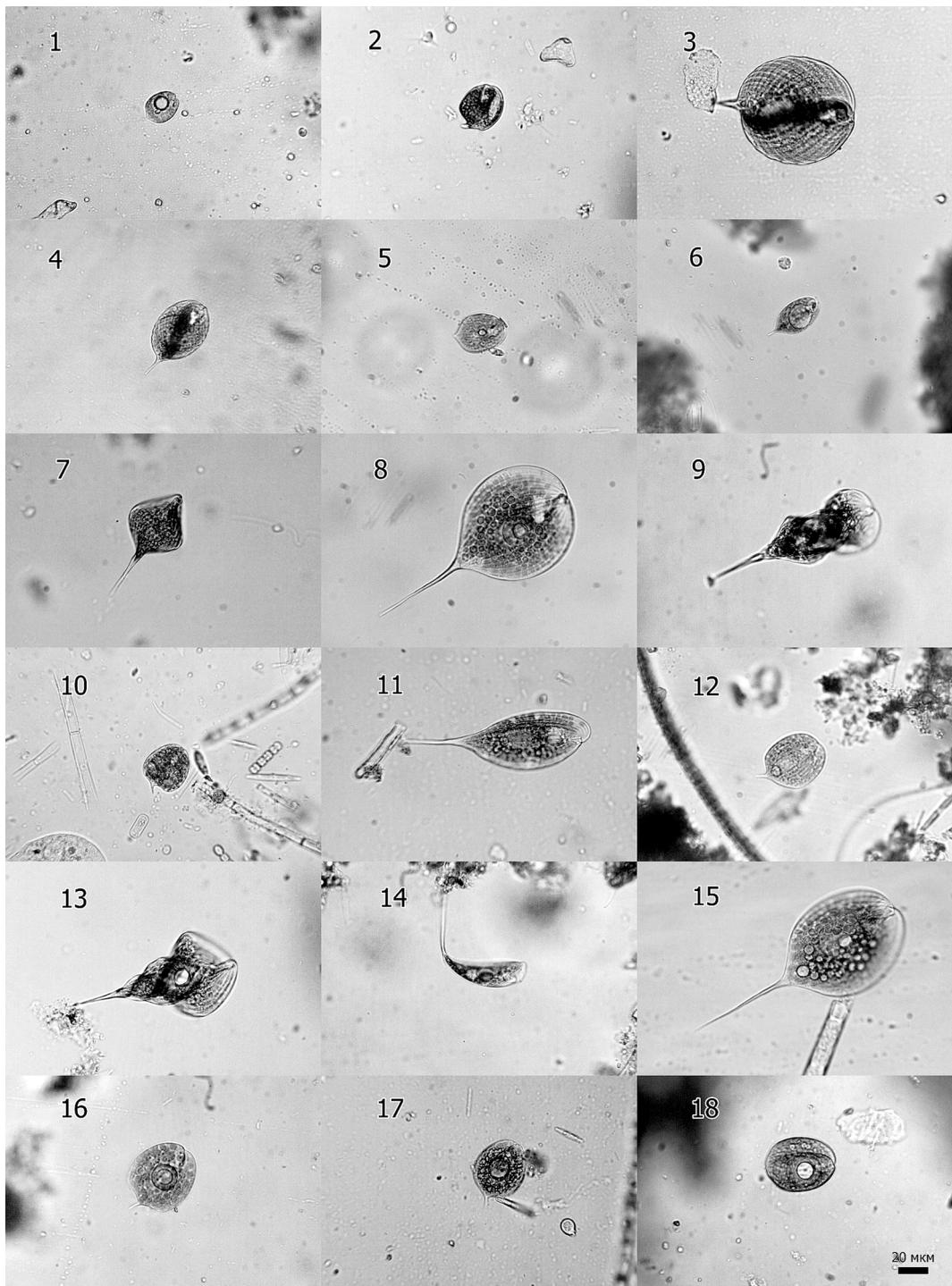
*Phacus brevicaudata* (G. A. Klebs) Lemmermann – клетки овальные, плоские, иногда с сильно заметными ребрами пелликулы, длиной 35 мкм, шириной 24 мкм. Задний конец клетки сужен в малый клювовидный хвостовой отросток. Парамилюн в виде крупного зерна в центре клетки. Пруд в Харитоновском саду.

*Phacus caudatus* Hübner – клетки овальные или яйцевидные, длиной 40–42 мкм, шириной 20–24 мкм, концевой отросток прямой или слегка изогнут, киль сильно развит, от чего клетки на поперечном разрезе трехлучевые, парамилюновые зерна кольцевидные или дисковидные с малым отверстием, от 1 до 3. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск.

*Phacus circumflexus* Pochmann – клетки в виде пластинки, сложенной и загнутой X-образно вдоль и вкось, длиной 81 мкм, шириной 41 мкм. Концевой отросток прямой, примерно в половину длины клетки. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск.

*Phacus cordata* (Pochmann) Zakryś & M. Lukomska – клетки в виде широкосердцевидной пластинки, имеющей наибольшую ширину ближе к передней части, длиной 133–150 мкм, шириной 67–74 мкм, шип прямой или слегка изогнутый. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск.

*Phacus cristatus* Zakryś & M. Lukomska – клетки широкоовальные, практически плоские, с длинной складкой, длиной 119 мкм, шириной 47 мкм в самой широкой точке. Морфологически практически идентичен *P. helikoides*. Отличия заключаются в меньшей степени скрученности и

Микрофотографии идентифицированных представителей рода *Phacus*:

1. *P. acuminatus*, 2. *P. alata*, 3. *P. arnoldii*, 4. *P. arnoldii* var. *ovatus*, 5. *P. brevicaudata*, 6. *P. caudatus*, 7. *P. circumflexus*,  
 8. *P. cordata*, 9. *P. cristatus*, 10. *P. curvicauda*, 11. *P. elegans*, 12. *P. hamatus*, 13. *P. helikoides*, 14. *P. lismorensis*,  
 15. *P. longicauda*, 16. *P. orbicularis*, 17. *P. pleuronectes*, 18. *P. stokesii*

возможности частично «раскручиваться», пребыва в стационарном состоянии. Пруд Каасики.

*Phacus curvicauda* Svirenko – клетки широкоовальные до округлых, часто спереди легко сужены, длиной 37 мкм, шириной 28 мкм, задняя сторона резко переходит в клювовидно изогнутый концевой отросток малых размеров. Спинная

сторона с продольным гребнем. Два парамильтоновых зерна дисковидной формы неравных размеров. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск.

*Phacus elegans* Pochmann – клетки овальные, длиной 133–147 мкм, шириной 33–44 мкм, часто слегка закручены, задний конец вытянут в длин-

ный бесцветный концевой отросток, пелликула с продольной штриховкой, парамилоновые зерна малых размеров. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск.

*Phacus hamatus* Pochmann – клетки овальные, вогнутые, потому напоминают черпало ложки, длиной 49–53 мкм, шириной 34–37 мкм. Хвостовой отросток прямой, загнут перпендикулярно вниз относительно продольной плоскости клетки. Пруд в Харитоновском саду.

*Phacus helikoides* Pochmann – клетки спирально скручены в 1,5–3 полных оборота, длиной 116–132 мкм, шириной 49–57 мкм в самой широкой точке, задний конец вытянут в длинный бесцветный концевой отросток длиной примерно в половину длины клетки, пелликула с продольной штриховкой. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск, пруд Карасики.

*Phacus listmorensis* Playfair – клетки продолговато-овальные или обратно-яйцевидные, длиной 113 мкм, шириной 24 мкм. Боковые стороны клетки явно асимметричны – одна заметно выдается вперед. Сзади клетка плавно переходит в длинный концевой отросток, отогнутый книзу под прямым углом. В центре клетки крупное округлое парамилоновое зерно. Пруд Карасики.

*Phacus longicauda* (Ehrenberg) Dujardin – клетки обратно-яйцевидной или грушевидной формы, длиной 158 мкм, шириной 67 мкм, обычно слегка скручены, задний конец вытянут в длинный бесцветный концевой отросток длиной около 70 мкм, пелликула с продольной штриховкой, парамилоновое зерно обычно одно, дисковидное или кольцевидное. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск.

*Phacus orbicularis* Hübner – клетки практически округлые или округло-овальные, длиной 45–66 мкм, шириной 40–51 мкм, плоские, обычно с четко выраженным спинным гребнем, сзади резко переходят в сильно скошенный бесцветный концевой отросток малых размеров – до 1/5 от длины клетки. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск, пруд в Харитоновском саду.

*Phacus pleuronectes* (O. F. Müller) Nitzsch – клетки овальные или овально-яйцевидные, длиной 47–60 мкм, шириной 33–42 мкм, плоские, слабо скрученные, сзади внезапно суженные в малый концевой отросток, изогнутый в сторону и назад. Штрихи продольные. Старицы реки Исеть в окрестностях пгт Двуреченск, пруд Карасики.

*Phacus stokesii* Lemmermann – клетки широкоовальные, длиной 47 мкм, шириной 38 мкм. Штриховка пелликулы продольная, на спинной стороне клетки явная гребневидная складка. Задний конец без хвостового отростка, закруглен. Парамилоновое зерно слегка смещено от центра по поперечной оси. Пруд Карасики.

Тем не менее, несмотря на проведенное исследование, биоразнообразие рода *Phacus* в водоемах г. Екатеринбурга нуждается в дальнейшем изучении.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность А. С. Шахматову за помощь в организации сбора материала и совершенствование методики, Božena Zakryś – за проверку определения видов и предоставление актуальной литературы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Попова Т. Г. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 7. Эвгленовые водоросли. М.: Советская наука, 1955. 282 с.
- Попова Т. Г., Сафонова Т. А. Флора споровых растений СССР. Т. 9: Эвгленовые водоросли. Вып. 2. Л.: Наука, 1976. 285 с.
- Прокаев В. И. Физико-географическое районирование Свердловской области. Свердловск, 1976. 137 с.
- Прокаев В. И. Физико-географическое районирование: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по геогр. спец. М.: Просвещение, 1983. 176 с.
- Снитько Л. В., Сергеева Р. М. Водоросли разнотипных водоемов восточной части Южного Урала. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2003. 166 с.
- Ярушина М. И., Танаева Г. В., Еремкина Т. В. Флора водорослей водоемов Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 307 с.
- AlgaeBase* (2013). Available at: <http://www.algaebase.org/browse/taxonomy/?id=77538> (accessed 13.04.2016).
- Karczewska-Ishikawa A., Milański R., Kwiatoński J., Zakryś B. Taxonomy of the *Phacus oscillans* (Euglenaceae) and its close relatives – balancing morphological and molecular features // Journal of Phycology. 2010. Vol. 46 (1). P. 172–182.
- Kosmala S., Berezina M., Milański R., Kwiatoński J., Zakryś B. Morphological and molecular examination of relationships and epitype establishment of *Phacus pleuronectes*, *Phacus orbicularis*, and *Phacus hamelii* // Journal of Phycology. 2007. Vol. 43 (5). P. 1071–1082.
- Łukomska-Kowalczyk M., Karczewska A., Milański R., Łach Ł., Zakryś B. Delimiting species in the *Phacus longicauda* complex (Euglenida) through morphological and molecular analyses // Journal of phycology. 2015. Vol. 51 (6). P. 1147–1157.
- Sheath R. G., Wehr J. D. Freshwater algae of North America: Ecology and classification. Academic Press, 2003. 917 p.
- Wehr J. D., Sheath R. G., Kociolek J. P. Freshwater algae of North America: Ecology and classification. Elsevier, 2015. 1066 p.

Pavlovskiy E. V., Ural Federal University (Ekaterinburg, Russian Federation)  
 Paukov A. G., Ural Federal University (Ekaterinburg, Russian Federation)

**SPECIES OF *PHACUS* (EUGLENOPHYCEAE) IN WATER BODIES  
 OF EKATERINBURG AREA**

This research aims to create a list and make a description of *Phacus* species found in polytypic ponds around Ekaterinburg in accordance with recent taxonomy changes. We used traditional methods (plankton nets) of collecting samples from water reservoirs to trap and concentrate the plankton in focus for our study. We analyzed species' composition of the genus *Phacus* in various water reservoirs in Ekaterinburg and its vicinity. As a result, 17 species and one subspecies were identified according to the new genus taxonomy. All discovered species are new for Middle Ural. Descriptions and pictures of every recorded *Phacus* species are provided.

Key words: *Euglenophyta*, *Phacaceae*, *Phacus*, Middle Ural, biodiversity

REFERENCES

1. Popova T. G. *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Vypusk 7. Evglenovye vodorosli* [Fresh-water algae of USSR. Fasc. 7. Euglenophyta]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1955. 282 p.
2. Popova T. G., Sazonova T. A. *Flora sporovykh rasteniy SSSR. T. 9: Evglenovye vodorosli. Vyp. 2* [Sporous plants of USSR. Volume 9: Euglenophyta. № 2]. Leningrad, Nauka Publ., 1976. 285 p.
3. Prokayev V. I. *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Sverdlovskoy oblasti* [Physiographic division into districts of Sverdlovsk region]. Sverdlovsk, 1976. 137 p.
4. Prokayev V. I. *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie: Uchebnoe posobie dlya studentov pedagogicheskikh institutov po geograficheskoy spetsial'nosti* [Physiographic division into districts: The manual for students of pedagogical institutes in geographic specialization]. Moscow, Prosvetshchenie Publ., 1983. 176 p.
5. Snit'ko L. V., Seregeeva R. M. *Vodorosli raznotipnykh vodoemov vostochnoy chasti Yuzhnogo Urala* [Algae of polytypic water bodies of the eastern part of South Ural]. Miass, IGD UrO RAN Publ., 2003. 166 p.
6. Yarushina M. I., Tanaeva G. V., Eremkina T. V. *Flora vodorosley vodoemov Chelyabinskoy oblasti* [Algae of water bodies of Chelyabinsk region]. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 2004. 307 p.
7. AlgaeBase (2013). Available at: <http://www.algaebase.org/browse/taxonomy/?id=77538> (accessed 13.04.2016).
8. Karnecka-Ishikawa A., Milanowski R., Kwiatoński J., Zakrajš B. Taxonomy of the *Phacus oscillans* (Euglenaceae) and its close relatives – balancing morphological and molecular features // Journal of Phycology. 2010. Vol. 46 (1). P. 172–182.
9. Kosmala S., Bereza M., Milański R., Kwiatoński J., Zakrajš B. Morphological and molecular examination of relationships and epitype establishment of *Phacus pleuronectes*, *Phacus orbicularis*, and *Phacus hamelii* // Journal of Phycology. 2007. Vol. 43 (5). P. 1071–1082.
10. Łukomska-Kowalczyk M., Karnecka A., Milański R., Łach Ł., Zakrajš B. Delimiting species in the *Phacus longicauda* complex (Euglenida) through morphological and molecular analyses // Journal of phycology. 2015. Vol. 51 (6). P. 1147–1157.
11. Sheath R. G., Wehr J. D. Freshwater algae of North America: Ecology and classification. Academic Press, 2003. 917 p.
12. Wehr J. D., Sheath R. G., Kociolek J. P. Freshwater algae of North America: Ecology and classification. Elsevier, 2015. 1066 p.

Поступила в редакцию 27.09.2016