

УДК 582.252

А. Ф. Крахмальный

**МАССОВОЕ РАЗВИТИЕ *PALATINUS APICULATUS*
(DINOFLAGELLATA) В ОЗЕРЕ ВЕРБНОМ (КИЕВ,
УКРАИНА)**

Статья посвящена массовому развитию и морфологическим особенностям автотрофной динофлагелляты *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro et al. (Dinoflagellata, Dinophyta) в оз. Вербном (Оболонский р-н, г. Киев). В итоге проведенных исследований установлено, что клетки *P. apiculatus* в киевской популяции характеризуются большими размерами в сравнении с данными из других локалитетов. Выявлены особенности в строении эпикона, пояска и борозды: сравнительно небольшие размеры пластинки 1 и ее удаленность от апекса, небольшое смещение пояска (на 0,5 его ширины), изгиб борозды, более выраженная орнаментация предпоясковых, запоясковых и антапикальных пластинок. Сделан вывод о несоответствии некоторых иллюстраций *P. apiculatus*, выполненных Е. Леммерманном [20] и Р. Томпсоном [23], которые использовались ранее в сводках и определителях динофлагеллят. Для идентификации *P. apiculatus* рекомендовано использование рисунков М. Лефевра [19], фотографий из современных зарубежных работ [11, 15], а также фотографий и рисунков автора.

Ключевые слова: *Dinoflagellata*, *Dinophyta*, *Palatinus apiculatus*, история изучения, морфология, распространение, водоемы Киева, Украина.

При современном состоянии городской среды мы все чаще сталкиваемся с массовым развитием, или «цветением» в водоемах первичных продуцентов. Это явление приводит к ухудшению санитарно-гидробиологического состояния водоемов, поэтому требует контроля и разработки эффективных мер, снижающих негативные последствия. Особенно важна правильная идентификация видов-возбудителей «цветения», среди которых могут быть и динофлагелляты.

Динофлагелляты (Dinoflagellata, Dinophyta) являются важнейшими компонентами биологических систем водоемов, они играют важную роль в трофических взаимоотношениях гидробионтов, служат первичной кормовой базой, принимают активное участие в процессах самоочищения. Кроме того, с их помощью можно оценить состояние водной среды и степень антропогенного воздействия. Усиление же последнего фактора и повышение концентрации биогенных веществ в водоемах может стать причиной значительного роста численности некоторых видов, в нашем случае — массового развития в весенний период сравнительно нового для водоемов Киева вида *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro et al.

© А. Ф. Крахмальный, 2017

Идентификация динофлагеллят основывается на их морфологии, и в этой связи особенно важно тщательное изучение их внешнего покрова (теки). Однако морфологические особенности большинства видов динофлагеллят, развивающихся в водоемах Украины, изучены недостаточно. До сих пор мало видов, иллюстрированных рисунками и фотографиями экземпляров из водоемов Украины, а это важно, так как экземпляры одного и того же вида из разных местонахождений имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при определении. К сожалению, до сих пор в Украине при идентификации динофлагеллят используют рисунки и диагностические признаки, которые были предложены в конце XIX — начале XX столетий. С целью восполнить дефицит такого рода информации по виду *P. apiculatus* и была выполнена настоящая работа.

Род *Palatinus* Craveiro et al. и видовой таксон — *P. apiculatus* были предложены сравнительно недавно на основе переописания *Glenodinium apiculatum* Ehrenb. [11]. Основные причины выделения *G. apiculatum* в новый род *Palatinus* — морфологические и генетические различия этого таксона с такими близкими родами, как *Glenodinium* Ehrenberg, *Peridinium* Ehrenberg и *Peridiniopsis* Lemmermann. До 2009 г. вид фигурировал под другими названиями: *Glenodinium apiculatum* Ehrenberg, *Peridinium palatinum* Lauterborn, *P. apiculatum* Lindemann, *P. leave* var. *marssonii* Lindemann, *P. leave* var. *minor* Denis, *P. palatinum* f. *anglicum* (G.S.West) Lefevre, *P. apiculatum* f. *anglicum* (G.S.West) Er. Lindemann [2].

К роду *Palatinus* относят текальных автотрофных свободноживущих динофлагеллят, не имеющих апикальной поры. Поверхность пластинок у видов этого рода гладкая или гранулированная. Поясок слегка нисходящий (на вентральной стороне правый край пояска ниже левого). Хлоропласт дольчатый, радиальный. Пиреноид пронизан цитоплазматическими каналами. Стигма, если имеется, находится между долями хлоропласта, под бороздой. Микротабулярный пучок гомологичен микротрубочкам педункула, имеющимся у других динофлагеллят, но он не доходит до поверхности клетки. Текальная формула *Palatinus*: 4', 2a, 7'', 6C, 5S, 5''', 2'''' [11].

Ранее сравнительно редкий вид *P. apiculatus* неоднократно находили в планктоне мезо-эвтрофных озер, прудов, рек и пойменных водоемов Украины, преимущественно в холодное время года [3, 18]. Несколько лет тому назад *P. apiculatus* был найден и в озерах Киева [1].

Материал и методика исследований. Озеро Вербное (второе название — Зеркалка) появилось в северной части г. Киева в 60-е годы XX в. Озеро образовано в результате намыва почвы при строительстве жилого массива Оболонь и по сути является заполненным водой карьером. Площадь озера 16,7 га, а максимальная глубина составляет 14 м. Озеро питают несколько подземных источников, вода относительно чистая [24].

Образцы динофлагеллят были отобраны во второй половине марта 2015 г. из поверхностного слоя воды у южного берега с помощью планктонной сети (газ № 78). Температура воды в озере на момент отбора проб была +6—8°C, во время исследований вода озера характеризовалась сравнительно

но высоким содержанием фосфора ($2,23 \text{ PO}_4^{3-}$, мг P/дм³) и азота ($2,4 \text{ NO}_3^-$, мг N/дм³).

Пробы планктона не фиксировали, и живых динофлагеллят в день отбора изучали с помощью светового микроскопа Olympus-BX51 в режимах просвета и флюоресценции. Для окрашивания текальных пластинок использовали флюоресцирующий краситель CalcoFluor White ML-F согласно методике [14]. При микроскопировании были использованы объективы UPlanFLN 40 × / 0,67 и Plan 40 × / 0,65 Ph 2. Фотографирование проводили цифровым фотоаппаратом Olympus E-420.

Представленные материалы являются частью комплексных исследований водных и околотовных систем Киевского мегаполиса, проводимых Институтом эволюционной экологии НАН Украины.

Результаты исследований и их обсуждение

В марте 2015 г. в оз. Вербном (Оболонский р-н Киева) было отмечено массовое развитие автотрофной динофлагелляты *P. apiculatus*. Далее мы приводим систематическое положение вида соответственно системе [13], с учетом дополнений [2, 11], с базионимом и синонимами, описание, таксономические замечания, информацию о распространении в водоемах Украины и мира, оригинальные микрофотографии и рисунки.

Dinoflagellata (Butschli) Fensome et al., 1993

Пор. Peridinales Haeckel, 1894

Сем. Peridiniaceae Ehrenberg, 1828

Род *Palatinus* Craveiro et al., 2009

P. apiculatus (Ehrenberg) Craveiro, Calado, Daugbjerg et Moestrup, 2009. J. Phycol. 45: 1178, figs. 2, a—e. (рис. 1—16). Basionym: *Glenodinium apiculatum* Ehrenberg 1838. Infusionsthierchen, P. 258, pl. XXII, fig. XXIV. Homotypic synonyms: *Peridinium apiculatum* (Ehrenberg) Claparède and Lachmann (1859, P. 404); *Properidinium apiculatum* (Ehrenberg) Meunier (1919, P. 60); *Peridinium apiculatum* (Ehrenberg) Er. Lindemann" (1928, P. 260). Heterotypic synonyms: *Peridinium palatinum* Lauterborn (1896, P. 17); *P. marssonii* Lemmermann (1900, P. 28); *P. anglicum* G.S.West (1909, P. 187—90, fig. 23).

Описание. Клетки овальные, немного сжатые. Эпикон колоколообразный, чуть-чуть больше гипокона. Поясок нисходящий на 0,5 ширины. Борозда слегка заходит на эпикон, расширяется на гипоконе, но не достигает антапекса. Эпикон асимметричный, первая апикальная пластинка 1' не доходит до апекса, сильно смещена к левой стороне тела, ее место в районе апекса занимает 4', есть пара передних вставочных пластинок. Пластинки окаймленные, с развитыми по краям перепонками и шипами, особенно заметными в районе пояса и борозды, с точками или маленькими, беспорядочно расположенными шипами, более развитыми на пластинках в районе пояса

и борозды. На гипоконе располагаются скопления шипов или выступов. Хлоропласты радиальные. Клетки сравнительно крупные, в нашем случае их размеры варьировали от 47,7 до 71,1 мкм дл. и от 42,4 до 56,1 мкм шир. (при четырнадцати измерениях средний размер составил 60,5×48,8 мкм, соответственно стандартное отклонение — 6,7 и 4,1, подсчет проведен с помощью программы Statistics for Windows).

Во время исследований вместе с *P. apiculatus* в озере Вербном в массе развивались вольвоксовые *Pandorina morum* (O.F. Müller) Vogt и диатомовые, относящиеся к родам *Synedra* Ehrenberg, *Tabellaria* Ehrenberg, *Fragillaria* Lyngbye, *Asterionella* Hassall).

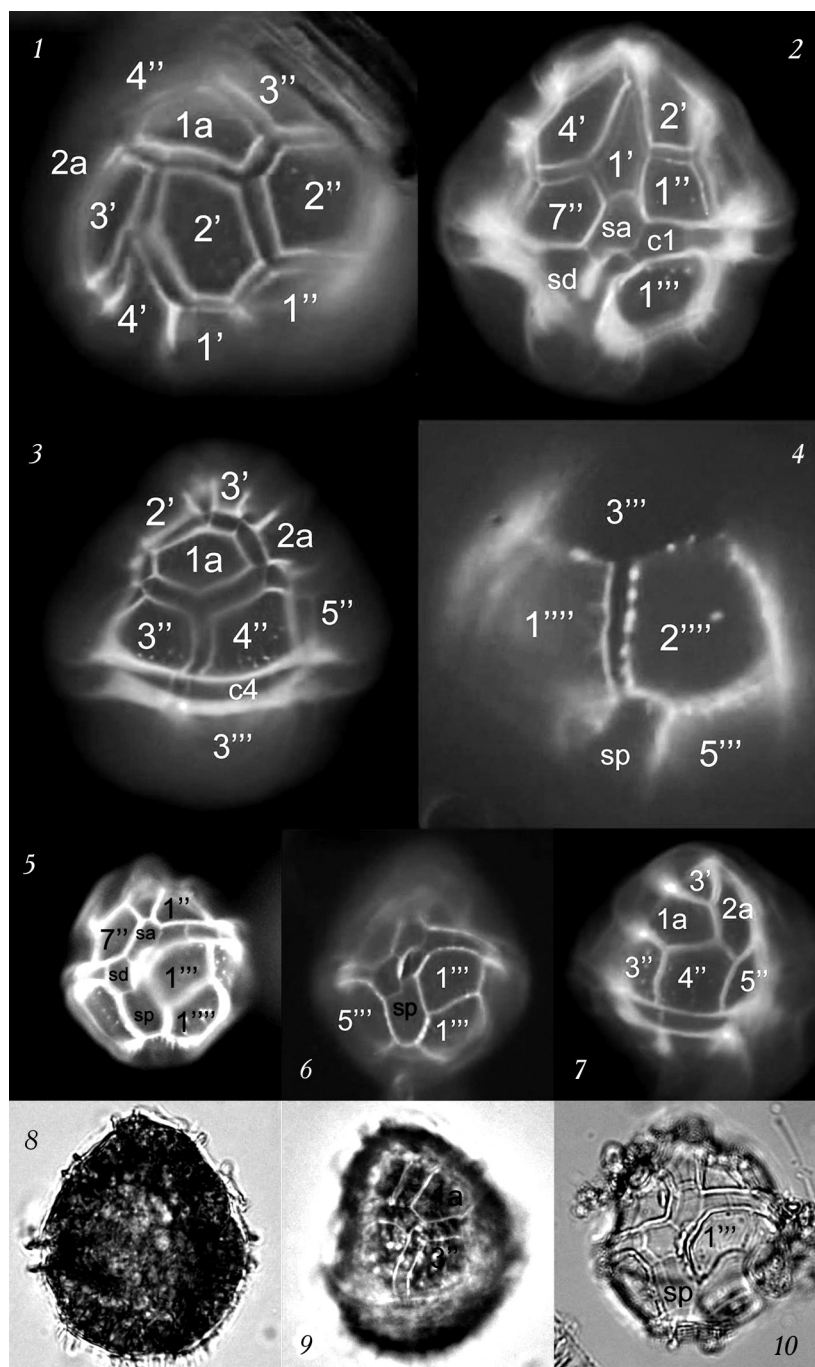
Местообитание. В планктоне озер, прудов, рек, пойменных водоемов, преимущественно в холодное время года, при слабощелочной реакции среды, среди нитчатых водорослей [3].

Распространение в Украине. Украинское Полесье. Волынская, Ровенская, Житомирская и Киевская обл., р. Припять и ее притоки [5]; озера г. Киева [1]. Лесостепная зона. Харьковская обл., окрестности г. Харькова [6]; оз. Белое в окрестностях станции ХГУ [10]; р. Днепр [8]. Степная зона. Днепропетровская обл., р. Днепр и Богомольская протока около г. Днепропетровска [7]; Рыбальский карьер [4]; Каховское в-ще [8]. Природные зоны Украины даны согласно физико-географическому районированию Украины [9].

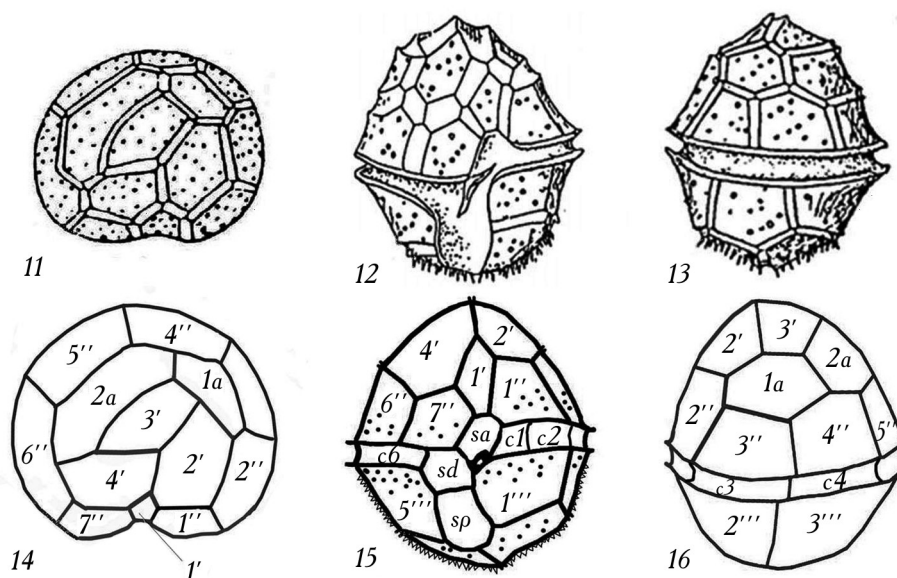
Общее распространение. Восточная, Западная и Центральная Европа, Северная Америка, Азия.

Таксономические замечания. По мнению М. Лефевра и Й. Шиллера [19, 22], размеры *P. apiculatus* могут варьировать от 30 до 55 мкм дл. и от 28 до 48 мкм шир., по данным Ю. Поповского и Л. Пфистер [21] — также от 30 до 55 мкм дл. и от 25 до 48 мкм шир. [3]. По материалам, собранным в водоемах Украины, размеры *P. apiculatus* могут изменяться в меньших пределах от 30 до 35 мкм дл. и от 28 до 54 мкм шир. Экземпляры этого вида, найденные в Италии [15], имели размеры от 38 до 50 мкм дл. и от 32 до 44 мкм шир. Размеры клеток *P. apiculatus* в оз. Вербное варьировали от 47,7 до 71,1 мкм в дл. и от 42,4 до 56,1 мкм в шир., то есть они значительно превосходили известные значения, что, вероятно, объясняется повышенным содержанием биогенных веществ в этом озере.

При исследовании *P. apiculatus* из оз. Вербного были выявлены некоторые отличия не только в размерах, но и в морфологии клеток этого вида, особенно они заметны в строении эпикона и борозды. Так, например, установлено, что у экземпляров *P. apiculatus* из киевского озера первая апикальная пластинка 1' меньше, чем было принято считать ранее [3, 19, 21, 22], и ее верхняя (передняя) часть оканчивается сравнительно далеко от апекса. Расположение 1' настолько своеобразно, что при рассмотрении клеток со стороны эпикона эту пластинку легко спутать с доходящей до апекса четвертой апикальной 4'. Имеются особенности и в строении пояска и борозды. Так, максимальное смещение пояска всего на 0,5 его ширины (по литературным данным, смещение может достигать до 1,5), а продольная борозда уже (тонь-



1—10. *Palatinus apiculatus*: 1—7 — флюоресценция текальных пластинок в ультрафиолете (Calcofluor White Stain); 8—9 — живые клетки (8 — просвечивающая микроскопия ПМ; 9 — ПМ и флюоресценция пластинок в ультрафиолете); 10 — клеточная оболочка после выхода протопласта (1 — вид с апикальной; 2, 5, 6 — вентральной; 3 — дорзальной; 4 — антапикальной; 7 — правой латеральной сторон). Условные обозначения: 4'', 2a, 7'' — пластинок эпикона; 5''', 2'''' — гипокона; с1—с6 — пластинок пояска; sa—sp — борозды [16, 17].



11—16. *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro et al. 11, 14 — апикальная сторона клетки; 12, 15 — вентральная; 13, 16 — дорзальная. Условные обозначения: 1'—4' — апикальные пластинки; 1a—2a — передние вставочные; 1''—7'' — предпоясковые; 1'''—5''' — запоясковые; c1—c6 — поясковые; sa—sp — бороздковые (сулькальные) пластинки [16, 17]. 11—13 — Lefèvre [19], 14—16 — А. Ф. Крахмальный.

ше), чем обычно, и ее верхний и нижний края изогнуты влево. Бороздковая пластинка (Ss) очень узкая и обычно не заметна из-за того, что скрыта выступающим краем с ребристой перепонкой пластинки 1'''. Флагеллярные поры находятся между пластинками Sa, Sd и 1' и также прикрыты небольшой перепонкой, образованной Sa и Sd. Большая гранулярность у пластинок, граничащих с пояском, и у антапикальных. Хорошо заметные микрошипы имеются не только по краям антапикальных пластинок (1''''—2'''), но и на запоясковых (1'''—5''', рис. 15). По особенностям морфологии *P. apiculatus* из киевского озера близок к *P. apiculatus*, недавно найденным в пресных водоемах Италии, Дании и Португалии [11, 15].

В итоге изучения морфологии клеток *P. apiculatus* из киевской популяции мы пришли к выводу, что некоторые рисунки, используемые в общепринятых сводках и определителях динофлагеллят (перидиниевые, динофитовые водоросли) для иллюстрации *P. apiculatus* не вполне подходят. Особенно это касается рисунков, выполненных Е. Леммерманном и Р. Томпсоном [20, 23]. В связи с этим обстоятельством, при определении *P. apiculatus* мы рекомендуем руководствоваться иллюстрациями М. Лефевра (рис. 11—13), фотографиями *P. apiculatus*, приводимыми в современных зарубежных работах и фотографиями и рисунками автора данной статьи (рис. 1—10, 14—16).

Заключение

В оз. Вербном (Оболонский р-н г. Киева) зарегистрировано массовое развитие автотрофной динофлагелляты *Palatinus apiculatus*, это второе упоминание этого вида для водоемов Киева. В результате проведенных исследований установлено значительное увеличение размеров *P. apiculatus* в киевской популяции и выявлены определенные морфологические особенности. Прежде всего они прослеживаются в строении эпикона, пояса и борозды: сравнительно небольшие размеры 1 и удаленность от апекса; меньшее смещение пояса (на 0,5 его ширины); изгиб борозды к левой стороне тела, большая орнаментация предпоясковых, запоясковых и антапикальных пластинок. В итоге работы сделан вывод о несоответствии некоторых иллюстраций *P. apiculatus*, выполненных Е. Леммерманном и Р. Томпсоном [20, 23]. Для идентификации *P. apiculatus* рекомендовано использовать рисунки М. Лефевра [19], фотографии из современных зарубежных работ и описание, фотографии и рисунки автора данной статьи.

**

*Стаття присвячена масовому розвитку і морфологічним особливостям автотрофної дінофлагелляти *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro et al. (Dinoflagellata, Dinophyta) у оз. Вербному (Оболонський р-н, м. Київ). У результаті проведених досліджень встановлено, що клітини *P. apiculatus* в київській популяції характеризуються більшими розмірами, ніж у інших локалітетів. Виявлено особливості в будові епікона, поясочка і борозди: порівняно невеликі розміри пластинки 1 і її віддаленість від апекса, невеликий зсув поясочка (на 0,5 його ширини), вигин борозди, більш виражена орнаментация передпояскових, запояскових і антапикальних пластинок. Зроблено висновок про невідповідність деяких ілюстрацій *P. apiculatus*, виконаних Е. Леммерманном [20] і Р. Томпсоном [23], які використовувалися раніше в зведеннях і визначниках дінофлагеллят. Для ідентифікації *P. apiculatus* рекомендовано використання рисунків М. Лефевра [19], фотографій із сучасних зарубіжних робіт [11, 15], а також фотографій і рисунків автора.*

**

*The article deals with the mass development of autotrophic dinoflagellate *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro et al. (Dinoflagellata, Dinophyta) in Lake Verboyno (Obolonskiy district, Kiev). Due to the conducted research, it was found that the cells from Kiev population of *P. apiculatus* are characterized by larger sizes in comparison with literature data from other localities. The following peculiarities in the structure of cell's epicone, cingulum and sulcus were revealed: relatively small size of 1 plate and its distance from the apex; a slight displacement of the cingulum (0,5 its width); curvature of the sulcus, more pronounced ornamentation of pre-cingular, post-cingular and antapical plates. Non-conformity of some *P. apiculatus* illustrations published by E. Lemmermann (1900) and R. Thompson (1950), which have been used earlier as identification guides, was concluded. Drawings of M. Lefèvre (1932), photos from recent foreign publications (Hansen & Flaim, 2007; Craveiro et al, 2009), as well as photographs and drawings of the author are recommended for the correct identification of *P. apiculatus*.*

**

1. Клоченко П.Д., Мегведь В.О., Горбунова З.Н., Иванова І.Ю. Оцінка екологічного стану безстічних озер м. Києва // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2010. — Т. 2, № 19. — С. 168—174.

2. Крахмальний А.Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель). — Киев: Альтапрес, 2011. — 444 с.
3. Матвієнко О.М., Литвиненко Р.М. Пірофітові водорості — Руггophyta / Визначник прісноводних водоростей Української РСР. III. — К.: Наук. думка, 1977. — Ч. 2. — 386 с.
4. Мусатова А.Я. Микрофлора Рыбальского карьера // Зап. Дніпропетр. ін-ту нар. освіти. — 1927. — Вип. 1. — С. 151—171.
5. Рагзимовський Д.О., Поліщук В.В. Планктон р. Прип'яті. — К.: Наук.думка, 1970. — 212 с.
6. Свиренко Д.О. Микрофлора стоячих водоемов. — Харьков: Всеукр. гос. изд-во, 1922. — 201 с.
7. Свиренко Д.О. Альгологические исследования р. Днепра в 1920—1924 гг. // Рус. Арх. протистол. — 1926. — Т. 5, № 1—2. — С. 63—109.
8. Сиренко Л.А., Корелякова И.Л., Михайленко Л.Е и др. Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — 232 с.
9. Физико-географическое районирование Украинской ССР. — Киев: Изд-во Киев. ун-та, 1968. — 683 с.
10. Шкорбатов Л.А. Планктон озера Белого, Змиевского р-на Харьковской области // Уч. зап. Харьк. гос. ун-та. — 1956. — Вып. 23. — С. 157—210.
11. Craveiro S.C., Calado A.J., Daugbjerg N., Moestrup Ø. Ultrastructure and LSU rDNA-based revision of *Peridinium* group *Palatinum* (Dinophyceae) with the description of *Palatinus* gen. nov. // J. Phycol. — 2009. — Vol. 45, Iss. 5. — P. 1175—1194.
12. Ehrenberg C.G. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. — Leipzig: Leopold Voss, 1838. — 547 p. (цит. по Craveiro et al., 2009).
13. Fensome R.A., Taylor F.J.R., Norris G. et al. Classification of living and fossil *Dinoflagellates* // American Museum of Natural History. Micropaleontology. Special publication. — 1993. — N 7. — 351 p.
14. Fritz L., Triemer R.E. A rapid simple technique utilizing Calcofluor White M2R for the visualization of Dinoflagellate thecal plates // J. Phycol. — 1985. — Iss. 5. — Vol. 21. — P. 662—664.
15. Hansen G., Flaim G. Dinoflagellates of the Trentino Province, Italy // J. Limnol. — 2007. — Vol. 66, N 2. — P. 107—141.
16. Kofoid C.A. On *Peridinium steini* Jorgensen, with a note on the nomenclature of the skeleton of the Peridinidae // Arch. Protistenkunde. — 1909. — Vol. 16. — P. 25—47.
17. Kofoid C.A. Dinoflagellata of the San Diego region IV. The genus *Gonyaulax*, with notes on its skeletal morphology and a discussion of its generic and specific characters // Univ. Calif., Publ. Zool. — 1911. — Vol. 8, N 4. — P. 187—286.
18. Krakhmalnyy A.F., Panina Z.A., Krakhmalnyy M.A. Dinophyta // Algae of Ukraine: Diversity, Nomenclature, Taxonomy, Ecology and Geography / Ed. by P. M. Tsarenko, S. P. Wasser, E. Nevo. — Ruggell: Gantner Verlag, 2006. — P. 470—532. (Vol. 1. Cyanoprocaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xan-

- thophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta, Rhodophyta).
19. *Lefèvre M.* Monographie des espèces d'eau douce du genre *Peridinium* Ehrb. // Archives de Botanique. — 1932. — Vol. 2, N5. — 216 p.
 20. *Lemmermann E.* Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. 3. Algen I (Schizophyceen, Flagellaten, Peridineen). — Leipzig (Germany): Gebrüder Borntraeger, 1900. — 712 S. (цит. по Craveiro et al., 2009).
 21. *Popovsky J., Pfiester L.* Dinophyceae (Dinoflagellida). Süswasserflora von Mitteleuropa. — Jena; Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1990. — Bd. 6. — 272 s.
 22. *Schiller J.* Dinoflagellatae (Peridineae) in monographischer Behandlung // Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, 2nd ed. — Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft. — 1935. — Bd. 10 (3), T. 2, Iss. 1. — S. 161—320.
 23. *Thompson R.H.* A new genus and new records of freshwater Pyrrophyta in the Desmokiaceae and Dinophyceae // *Lloydia*. — 1950. — Vol. 13, N 4. — P. 277—299.
 24. <https://www.facebook.com/citykiev/posts/260-885134086460>.

Институт эволюционной экологии
НАН Украины, Киев

Поступила 14.09.17