

УДК 582.252

А. Ф. Крахмальний¹, Г. В. Теренько²

**CHIMONODINIUM LOMNICKII (Wołosz.) Craveiro et al.
(DINOFLAGELLATA) — ВОЗБУДИТЕЛЬ ЗИМНЕГО
«ЦВЕТЕНИЯ» ОДЕССКОГО ЗАЛИВА**

В зимнем планктоне Одесского залива впервые для Черного моря найден вид динофлагеллят *Chimonodinium lomnickii* (Wołosz.) Craveiro et al., ранее известный только из пресных водоемов Украины и мира. В зимние периоды 2016—2018 гг. он достигал большой численности — 1,43 млн. кл/дм³ и биомассы — 9,35 г/м³. Приводится подробное морфологическое описание *C. lomnickii*, его распространение и экологические особенности. Работа иллюстрирована оригинальными фотографиями и рисунками.

Ключевые слова: *Dinoflagellata*, *Dinophyta*, *Chimonodinium lomnickii*, Одесский залив, Черное море.

В зимние периоды 2011—2018 гг. в Одесском заливе было отмечено желто-коричневое «цветение» морской воды, вызванное массовым развитием неизвестного ранее в заливе вида динофлагеллят. Идентификация возбудителя «цветения» представляла определенные трудности, вид обладал очень тонкой, плохо различимой в световой микроскоп клеточной оболочкой, морфология которой важна для идентификации динофлагеллят. Предварительно вид был отнесен к роду *Peridiniopsis* Bourg. и определен как *P. penardii* (Lemmerm.) Bourg. [6].

Для более точной идентификации, во время очередного зимнего «цветения» залива в 2018 г. были вновь отобраны образцы планктона и изучены на исследовательском микроскопе Olympus-BX51 (увеличение до 2500 раз и возможность наблюдать флюоресценцию текальных пластинок в ультрафиолетовом свете). В итоге была изучена морфология клеточной оболочки возбудителя «цветения» и определена его видовая принадлежность — это ранее упоминаемый только для пресных водоемов *Chimonodinium lomnickii* (Wołosz.) Craveiro, Calado, Daugbjerg, Hansen et Moestrup.

Chimonodinium lomnickii (более известный как *Peridinium lomnickii* Wołosz.), был описан из пресных водоемов (прудов) г. Львова Ядвигой Волошинской [25]. Было отмечено, что вид достигал максимальной численности в холодные периоды года. В первоописании были упомянуты многочисленные хлоропласты и центрально расположенное ядро. К сожалению, из-за уровня

© А. Ф. Крахмальний, Г. В. Теренько, 2019

микроскопии тех лет досконально изучить морфологию этого вида не удалось, поэтому сопровождающие описание авторские рисунки были с неточностями, впоследствии они стали причиной ошибочных определений.

Peridinium lomnickii находили в пресных водоемах Европы [9, 12, 16, 17, 21, 22], Америки (Северная [7, 10] и Южная [24]), Тасмании [18], Японии [23] и Китая [19].

Неоднократно *P. lomnickii* упоминали для пресных водоемов Украины. Значительной численности он достигал в планктоне рек, озер, прудов и водохранилищ: водоемы в окрестностях г. Львова [1, 4, 25], р. Днепр [5], озера г. Киева [2].

В 2011 г. в итоге электронно-микроскопических и молекулярно-биологических исследований было пересмотрено систематическое положение *Peridinium lomnickii* и даже описан новый род динофлагеллят — *Chimonodinium* Craveiro, Calado, Daugbjerg, Hansen et Moestrup gen. nov. с типовым видом — *Chimonodinium lomnickii* (Wołosz.) Craveiro, Calado, Daugbjerg, Hansen et Moestrup comb. nov., базионим новой видовой комбинации — *Peridinium lomnickii* Wołosz. К новому роду *Chimonodinium* отнесли текальных, автотрофных, свободноживущих динофлагеллят, имеющих формулу теки: Po, ср, х, 4', 3а, 7'', 6С, 5S, 5''', 2''''', с многочисленными долями хлоропласта, расположенными вблизи клеточной оболочки, без пиреноидов, с нисходящим пояском, с глазком, находящимся ниже борозды в одной из долей хлоропласта [8].

Известен только один вид рода *Chimonodinium*, представленный тремя разновидностями (типовая — *C. lomnickii* (Wołosz.) Craveiro et al., *C. lomnickii* var. *splendidum* (Wołosz.) Craveiro et al. и *C. lomnickii* var. *wierzejskii* (Wołosz.) Craveiro et al. Обе нетиповые разновидности, так же как и типовую, упоминали для водоемов Украины. Следует отметить, что некоторые исследователи [12], считают что нетиповые разновидности (вариации) *C. lomnickii* являются разными стадиями жизненного цикла одного и того же вида, такого же мнения придерживаются и авторы этой работы.

Материал и методика исследований. Пробы фитопланктона были отобраны на двух мониторинговых станциях, расположенных в прибрежной зоне Одесского залива — Аркадия (открытая акватория) и Мыс Малый Фонтан (полузамкнутая) в зимний период 2018 г. (рис. 1). Образцы взяты из поверхностного горизонта батометром Молчанова, параллельно проводили определение гидрологических и гидрохимических параметров морской среды. Пробы воды объемом 1,5—2 дм³ концентрировали методом обратной фильтрации, с использованием ядерных нуклеопоровых фильтров с диаметром пор 1,5 мкм, сгущали до 50—60 мл, затем фиксировали 40%-ным р-ром нейтрализованного формальдегида, конечная концентрация 4%. В дальнейшем осуществляли повторное сгущение, доводя объем пробы до 20—30 мл. Пробы просматривали также в «живом», нефиксированном состоянии. Количественный учет клеток проводили в счетной камере Нажотта объемом 0,05 мл с помощью светового микроскопа Микмед-2 при увеличении в 300—600 раз в Украинском научном центре экологии моря (г. Одесса). Рас-

четы численности и биомассы выполнены с использованием программного обеспечения РНУТО-22 © ГПОЭД УкрНЦЭМ, 1997 г. 2.2.

Дальнейшее изучение динофлагеллят выполнено в Институте эволюционной экологии НАН Украины (г. Киев) на микроскопе Olympus-BX51. Клетки возбудителя «цветения» рассматривали в проходящем свете и в режиме флюоресценции, с предварительным окрашиванием пластинок теки Calcofluor White Stain Stain 18909-100ML-F [11]. Использованы объективы UPlanFLN 40×/0,67, Plan 40×/0,65 Ph 2, Uplan FLN, 100×/1.30 Oil. Размеры клеток определяли с помощью программы AmScope. Микрофотографирование проводили фотоаппаратом Canon EOS 1000D. Обработка изображений и рисунки сделаны в Adobe Photoshop CS5 Extended. Для подсчета средних размеров клеток и стандартного отклонения использована программа Statistica. Пластины пронумерованы по системе А. Кофоида [14, 15], с учетом работы Ю. Окоподкова [20]. Систематическое положение *C. lomnickii* дано в соответствии с [13].

Результаты исследований и их обсуждение

Dinoflagellata(Bütschli) Fensome et al.

Класс Dinophyceae Fritsch

Отряд Thoracosphaerales Tangen

Семейство Thoracosphaeraceae Schiller

Род *Chimonodinium* Craveiro, Calado, Daugbjerg, Gerd Hansen & Moestrup

Chimonodinium lomnickii (Wołoszyńska) Craveiro, Calado, Daugbjerg, Gert Hansen et Moestrup (рис. 2, a—f).

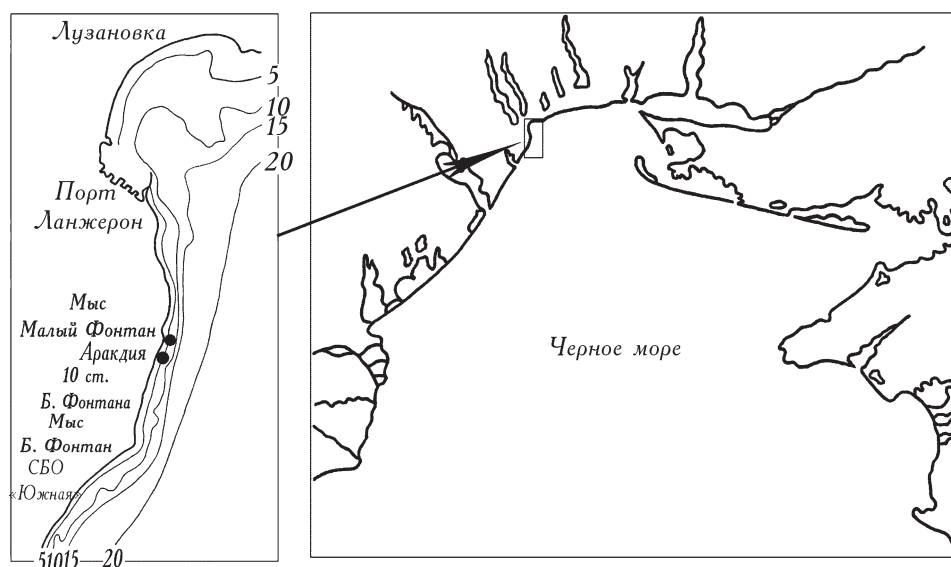
Basionym: *Peridinium lomnickii* Wołoszyńska 1916, Bull Int Acad Sci Cracovie, Cl Sci Math Nat, ser. B 1915 (8—10), P. 267, pl. 10, figs 25—29.

Homotypic synonym: *Glenodinium lomnickii* (Wołoszyńska) Lindemann (1925, P. 162, 168—169).

Heterotypic synonym: *Peridinium lomnickii* var. *punctulatum* Lindemann (1924, P. 436, pl. 21, figs. 1—6).

Клетки *Chimonodinium lomnickii* овальные или яйцевидные, слегка дорзо-вентрально сжатые. Эпикон шлемовидный или колоколообразный, чуть больше гипокона, с апикальным поровым комплексом (АПК). Гипокон округлый. Поясок широкий, почти экваториальный, незначительно нисходящий. Борозда не заходит на эпикон и не достигает антапекса.

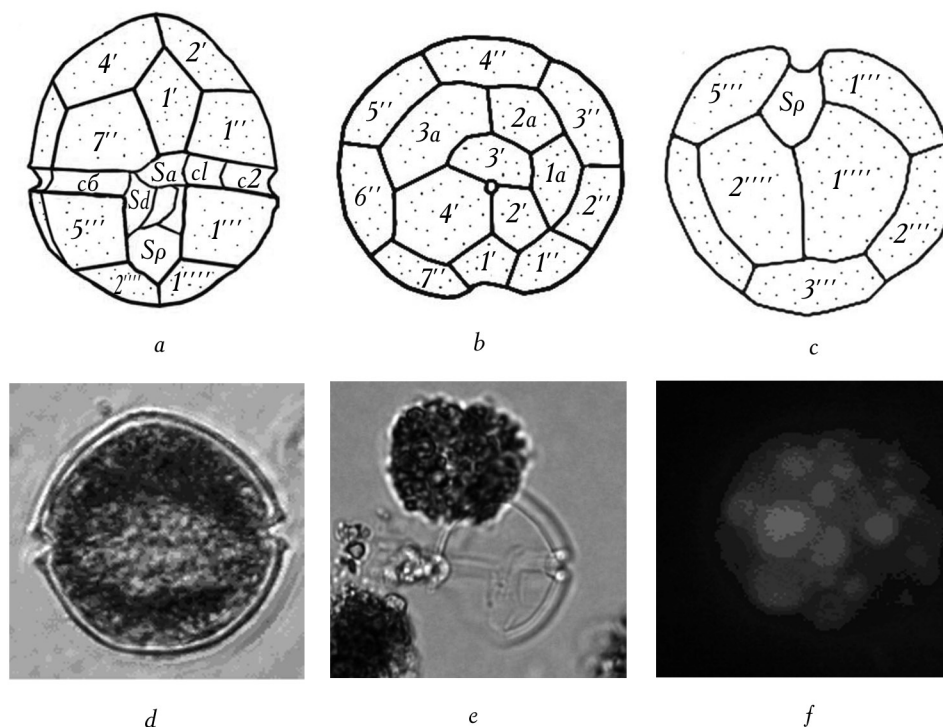
Эпикон с семью передними экваториальными пластинками (1''—7''), четырьмя апикальными (1'—4'), тремя передними вставочными пластинками, 3а превышает 2а и 1а, и тремя пластинками, образующими апикальный по-



1. Карта-схема мест отбора проб в открытой (Аркадия) и полузамкнутой (мыс Малый Фонтан) акваториях Одесского залива Черного моря, зимний период 2011—2018 гг.

ровый комплекс: (х — канальная пластинка, соединяющая АПК с 1', поровая пластинка (Ро) и ободковая (ср) (строение АПК частично по [8]). Гипокон состоит из пяти задних экваториальных пластинок (1'''—5''') и двух антапикальных (1''''—2'''). Расположение пластинок на эпиконе с небольшим поворотом по часовой стрелке. Пластинки тонкие, чаще слегка выпуклые, с едва заметными точками (микробугорками), равномерно рассеяны по поверхности. Микробугорки образуют ровные ряды по границам пластинок, а также по краям пояска и борозды. На гипоконе швы между пластинками с микрошвами, лучше развитыми по границам антапикальных пластинок. Поясок включает шесть пластинок (С1—С6), самая маленькая из них С1. Борозда составлена пятью пластинками (верхняя — Sa, нижняя — Sp, правая — Sd, левая — Ss и маленькая средняя — Sm, прикрытая пластинчатым выростом Sd). Пластины апикального порового комплекса, пояска и борозды гладкие, микробугорков не имеют. Ядро расположено в центре клетки. Хлоропласт желто-коричневого цвета, с многочисленными сферическими долями, расположенными на периферии клетки. Пиреноиды отсутствуют. Ниже пояска находится красный глазок, который не всегда заметен. Размеры клеток во время «цветения» зимой 2018 г. варьировали от 25,5 мкм до 35,7 мкм дл., от 21,7 мкм до 35,70 мкм шир.; в 2011—2017 гг. — от 19,1 мкм до 35,7 мкм дл., от 17,8 мкм до 31,9 мкм шир. [6] и от 27,0—38,0 мкм дл., 22,0—32,0 мкм шир. [8].

В планктоне Одесского залива и ранее находили виды динофлагеллят, характерные для пресных вод [3], однако «новые» пресноводные виды не достигали такой высокой численности и биомассы, какие наблюдались у *S. lotnickii*. Так, например: в марте 2011 г. — 1,292 млн. кл/дм³, 9,35 г/м³ (при температуре морской воды 3,46°C, солености 7,44‰ [6]), в марте 2018 г. — 1,43 млн. кл/дм³, 8,63 г/м³ (при 4,80°C, солености 13,14‰). Предполагает-



2. *Chimonodinium lomnickii* (Wolosz.) Craveiro et al.: *a* — строение теки с вентральной стороны; *b* — апикальный вид; *c* — антапикальный; *d* — живая клетка; *e* — вышедший из клетки хлоропласт (вверху) и пустая клеточная оболочка (внизу); *f* — свечение хлоропласта в ультрафиолетовом свете, видны многочисленные сферические доли. Условные обозначения: 4', 3a, 7'', 5''', 2'''' — пластинки эпикона и гипокона; C1—C6 — пластинки пояса; Sa, Sd, Sp — борозды. Рисунки (*a—c*) сделаны на основе данных, полученных в режиме флюоресценции (микроскоп Olympus-BX51). Фотографии *d* — Микмед-2; *e, f* — Olympus-BX51.

ся, что развитие пресноводных видов динофлагеллят в этом районе Черного моря, прежде всего, связано с периодическим влиянием ветров юго-восточных и южных румбов, которые смещают распресненные воды Днепровско-Бугского лимана в сторону Одессы. К вышесказанному следует добавить, что особенностью начала 2018 г. был аномально большой сток р. Днепр (в 1,5 раза выше нормы, данные ГМС Одесса-Порт).

Вместе с *C. lomnickii* в период «цветения» было отмечено 19 видов микроводорослей, относящихся к четырем отделам: диатомовым, динофитовым, зеленым и золотистым. На долю диатомовых приходилось 30%, динофлагеллят — 30, зеленых 10, синезеленых — менее 10% общей биомассы фитопланктона. Большинство видов были пресноводными (53%), морские составляли 37%, на долю пресноводно-соленатоводных приходилось 10% общего количества видов.

В течение всего периода исследований (2011—2018 гг.) *C. lomnickii* развивался в широком диапазоне концентрации общего азота и фосфора (таблица), но узком диапазоне температур. В полузамкнутой акватории — при тем-

Гидрологические и гидрохимические показатели морской воды в период «цветения» *S. Iovtiskii* в открытой (О) и полузамкнутой акваториях (П) в 2011, 2015, 2016 и 2018 гг.

Показатели	16.03.2011 г. П	21.01.15 г. П	25.02.2015 г. П	12.02.2016 г. П	28.03.18 г. О	28.03.18 г. П
Температура, °С	3,46	1,60	2,00	2,00	4,80	4,80
Соленость, ‰	7,44	7,43	12,98	12,60	13,14	13,87
Кислорода, мкг O ₂ /дм ³ , (%)	14,2(112)	14,6(110)	10,7(85)	12,7(100)	13,1(111)	13,3(114)
pH	8,61	8,62	8,49	8,53	8,61	8,63
Фосфор минеральный, P _{PO₄} , мкг/дм ³	25,00	52,70	23,4	25,8	4,81	6,00
P _{орг.} , мкг/дм ³	39,00	52,30	3,40	34,1	17,79	28,8
P _{общ.} , мкг/дм ³	64,00	105,0	26,8	59,9	22,60	34,80
Азот нитритный, N _{NO₂} , мкг/дм ³	<0,5	4,84	4,05	0,82	2,47	1,96
Азот нитратный, N _{NO₃} , мкг/дм ³	8,90	8,26	1,33	40,4	1377	143
Аммонийный азот, N _{NH₄} , мкг/дм ³	<15	<15	<15	38,8	<15	<15
N _{орг.} , мкг/дм ³	3857	406	505	618	564	1083
N _{общ.} , мкг/дм ³	3866	419	510	698	1943	1228
Si, мкг/дм ³	1900	1470	540	1410	1204	923
N _{pp} , млн. кл/дм	1,292	0,190	0,656	0,177	1,430	0,809
V _{pp} , г/м ³	9,35	1,34	4,60	2,55	8,63	4,88

пературе от 1,20 до 5,60°C, отдельные клетки отмечались даже при температуре 11,00°C (24.04.2016 г.). В открытой акватории бóльшая численность наблюдалась при температуре воды 0,00—5,60°C, отдельные клетки можно было найти и при температуре 7,00°C (6.04.2011 г., 2.04.2015 г.). Наибольшая численность и биомасса *S. lomnickii* были при температуре морской воды 3,46°—4,80°C и солености 7,44—13,14‰.

Заклучение

Установлено, что возбудителем зимнего «цветения» Одесского залива Черного моря в 2011—2018 гг. являлся *Chimonodinium lomnickii*. Ранее этот вид был известен только из пресных водоемов. Определяющими в появлении и высоком численном развитии пресноводного *S. lomnickii* в Одесском заливе являлись следующие факторы: ветровой нагон в Одесский залив вод из Днепроовско-Бугского лимана и распреснение Одесского залива из-за обильных зимних осадков.

Массовое развитие *S. lomnickii* в течение ряда лет и обнаружение в Одесском заливе его гипноспор дают основание считать этот вид уже постоянным обитателем северо-западной части Черного моря.

**

*У зимовому планктоні Одеської затоки вперше для Чорного моря виявлено вид дінофлагеллят Chimonodinium lomnickii (Wolosz.) Craveiro et al., який раніше був відомий тільки з прісних водойм України та світу. У зимові періоди 2016—2018 рр. він досягав великої чисельності — $1,43 \cdot 10^6$ кл/дм та біомаси — $9,35$ г/м³. Наводиться докладний морфологічний опис *S. lomnickii*, його поширення та екологічні особливості. Робота ілюстрована оригінальними фотографіями та малюнками.*

**

*A new species of dinoflagellate Chimonodinium lomnickii (Wolosz.) Craveiro et al. was noted for the Black Sea in the winter plankton of the Odessa Bay. It was previously known only from fresh water bodies of Ukraine and the world. In the winter periods 2016—2018 it reached a large number — $1,43 \cdot 10^6$ cells/dm and biomass — $9,35$ g/m³. A detailed morphological description of *S. lomnickii*, its distribution and ecological features are given. The work is illustrated with original photographs and pictures.*

**

1. Киселев И.А. Пирофитовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. 6. — М.: Сов. наука, 1954. — 412 с.
2. Клоченко П.Д., Лилицкая Г.Г., Иванова И.Ю. Видовой состав фитопланктона некоторых бессточных озер г. Киева / Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. — 2010. — Т. 42, № 1. — С. 84—96.
3. Крахмальний А.Ф. *Peridiniopsis cunningtonii* Lemmerm. — новый для черного моря вид динофлагеллят (Dinoflagellata) // Мор. екол. журн. — 2014. — Т. 13, № 3. — С. 43—46.
4. Матвієнко О.М., Литвиненко Р.М. Пірофітові водорості — Pyrophyta. — К.: Наук. думка, 1977. — 387 с.

5. *Растительность* и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. — Киев: Наук. думка, 1989. — 232 с.
6. Теренько Г.В. Динамика цветений пресноводно-солоноватоводной динофитовой *Peridiniopsis penardii* в Одесском заливе Черного моря (Украина) // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. — 2017. — Т. 70, № 3. — С. 109—115.
7. Carty S. Dinoflagellates. Freshwater algae of North America. Ecology and classification / Ed. by J. D. Wehr, R. G. Sheath. — Amsterdam, Boston, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Acad. press, 2003. — P. 685—714.
8. Craveiroa S.C., Caladoa A.J., Daugbjergb N. et al. Ultrastructure and LSU rDNA-based phylogeny of *Peridinium lomnickii* and description of *Chimonodinium* gen. nov. (Dinophyceae) // Protist. — 2011. — Vol. 162. — P. 590—615.
9. Eddy S. The fresh-water armored or thecate dinoflagellates // Trans. Am. Microsc. Soc. — 1930. — Vol. 49. — P. 277—321.
10. Figueroa-Torres M.G., Moreno-Ruiz J.L. 4. Dinoflagelados dulceacuicolas de Mexico. 4. Freshwater Dinoflagelletes of Mexico // Planctologia Mexicana. — 2003. — P. 85—102.
11. Fritz L., Triemer R.E. A rapid simple technique utilizing calcofluor white M2R for the visualization of Dinoflagellate thecal plates // J. Phycol. — 1985. — Vol. 21. — P. 662—664.
12. Grigorszky I., Krienitz L., Padisak J. et al. Redefinition of *Peridinium lomnickii* Woloszynska (Dinophyta) by scanning electron microscopical survey // Hydrobiologia. — 2003. — Vol. 502. — 3. 349—355.
13. Guiry M.D. Algaebase. 2018. <http://www.algaebase.org/>
14. Kofoid C.A. Dinoflagellata of the San Diego Region, III. Description of new species // Univ. Calif. Publ. Zool. — 1907. — Vol. 3. — P. 299—304.
15. 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.
16. Lefevre M. Monographie des especes d'eau douce du genre *Peridinium* Ehrb. // Arch. Botan. — 1932. — Vol. 2. — 210 p.
17. Lewis J.M., Dodge J.D. Phylum Pyrrophyta (Dinoflagellates) // The Freshwater algal flora of the British Isles / Ed. by D. M. John, B. A. Whitton and A. J. Brook. — Cambridge University Press, 2002. — P. 186—207.
18. Ling H.U., Croome R.L., Tyler P.A. Freshwater Dinoflagellates of Tasmania, a survey of taxonomy and distribution // Br. Phycol. J. — 1989. — Vol. 24. — P. 111—129.
19. Liu G.-X., Hu S., Chu G.-Q., Hu Z.-Y. Study on freshwater genus *Peridinium* (Dinophyta) from China // J. Syst. Evol. — 2008. — Vol. 46. — P. 754—771.
20. Okolodkov Y.B. *Protoperidinium* Bergh (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of México, with a key for identificación // Acta Bot. Mex. — 2008. — Vol. 84. — P. 93—149.

21. *Popovsky J., Pfiester L.* Dinophyceae (Dinoflagellida). Suswasserflora von Mitteleuropa. Bd. 6. — Jena- Stuttgart: Gustav Fisher Verlag, 1990. — 272 s.
22. *Schiller J.* Dinoflagellatae (Peridineae). Т. 2. — Leipzig: Akad. Verlag., 1937. — 590 p.
23. *Senzaki S., Horiguchi T.* A taxonomic survey of freshwater dinoflagellates of Nagano prefecture, Japan // Jap. J. Phycol. — 1994. — Vol. 42. — P. 29—42.
24. *Thomasson K.* Araucanian Lakes. Plankton studies in North Patagonia, with notes on terrestrial vegetation // Acta Phytogeogr. Suec. — 1963. — Vol. 4. — P. 71—139.
25. *Woloszyńska J.* Polskie Peridineae słodkowodne — Polnische Süßwasser-Peridineen // Bull. Int. Acad. Sci. Cracovie, Cl. Sci. Math. Nat. Ser. B. Sci. boil. — 1916. — P. 260—282 (цит. по Schiller, 1937).

¹Институт эволюционной экологии
НАН Украины, Киев

²Украинский научный центр
экологии моря, Одесса

Поступила 23.01.19