

УДК 582.252 (569.4)

А.Ф. КРАХМАЛЬНЫЙ¹, С.П. ВАССЕР^{1,2}, Э. НЕВО²,
А.С. БОЛТОВСКОЙ³, С.С. БАРИНОВА², М.А. КРАХМАЛЬНЫЙ⁴

¹Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины,

Украина, 01001 Киев, ул. Терещенковская, 2

²Ин-т эволюции уни-та Хайфы, Кармель,

31905 Хайфа, Израиль

³Департамент филологии, Музей Ла Плата, Пасео дель Боске,

1900 Ла Плата, Аргентина

⁴Международный Соломонов ун-т, биологический факультет,

Украина, 01135 Киев, ул. Шолуденко, 1

НОВАЯ ФОРМА *DINOPHYTA* ИЗ ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОГО ИЗРАИЛЯ

В пресных водоемах северной части Израиля обнаружена новая для науки форма *Peridinium volzii* Lemm. (*Dinophyta*) – *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny. Она отличается от типовой (*P. volzii* var. *volzii* f. *volzii*) раздвоенной 3' апикальной пластинкой. Приведены результаты сравнительного анализа морфологии, электронно-микроскопических исследований *P. volzii* var. *volzii* f. *volzii* и *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum*.

Ключевые слова: *Peridinium volzii* var. *volzii* f. *complexum*, *Dinophyta*, ультраструктура, фитопланктон, Израиль.

Введение

Peridinium volzii Lemm. – один из самых распространенных эвритопных видов пресноводных динофлагеллят, обладающий большой способностью приспосабливаться к различным условиям обитания. Его можно обнаружить в планктоне озер, рек, прудов и других континентальных водоемов всего мира (Schiller, 1935; Киселев, 1950, 1954; Starmach, 1974; Матвієнко, Литвиненко, 1977; Крахмальний, 1994; Крахмальний, Панина, 2000). Известен этот вид и для пресных водоемов Израиля (Krachmalny et al., 2000).

Peridinium volzii характеризуется трехрядным расположением апикальных и вставочных пластин, сближающим этот вид с *P. willei* Huitf-Kaas. Хотя *P. willei* отличается от *P. volzii* большим размером ромбической пластинки, отклонением борозды в левую сторону клетки и гиалиновыми гребнями, которые у первого вида часто присутствуют на эпиконе и гипоконе, морфологическая и генетическая близость между этими видами настолько значительна (Pfiester, Carty, 1985), что в определителе Ю. Поповского и Л. Пфистер (Popovsky, Pfiester, 1990) они представлены как один вид – *P. willei*. Однако мы присоединяемся к мнению других альгологов, считающих обоснованным самостоятельное существование *P. willei* и *P. volzii* (Schiller, 1935; Huber-Pestalozzi, 1950; Bourrelly, 1970; Boltovskoy, 1973, 1979; Ling et al., 1989; Coute, Tell, 1990).

© А.Ф. Крахмальний, С.П. Вассер, Э. Неве, А.С. Болтовской, С.С. Баринова, М.А. Крахмальний, 2004

Наряду с почти повсеместной встречаемостью *P. volzii* известен еще своей морфологической пластичностью, зависящей не только от среды обитания, но и от стадии жизненного цикла, в которой в данный момент находятся экземпляры этого вида (Pfiester, 1979). Несмотря на высокую степень изменчивости формы и размеров клеток *P. volzii*, ширины швов и некоторых других признаков, число текальных пластинок и их взаимное расположение у этого вида было стабильным. Однако в мае 2003 г. в рыбоводных прудах северной части Израиля (р-н Ган-ха-Шлоша, рис. 1) мы обнаружили уклоняющиеся от типовых экземпляры *P. volzii*, которые мы сочли возможным отнести к новой для науки форме – *Peridinium volzii* var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny.

Материалы и методы

Ган-ха-Шлош представляет собой сеть высокопродуктивных промышленных рыбоводных прудов, функционирующих круглогодично. Положительные температуры воды, наблюдаемые круглый год (от 17 °С до 26 °С), большие концентрации биогенных веществ и высокая инсоляция позволяют водорослям активно вегетировать. При этом динофлагелляты в этих пресноводных водоемах достигают большой численности и играют важную роль в питании мелких планктонных беспозвоночных, например коловраток (фото 1), которыми, в свою очередь, питаются мальки рыб.

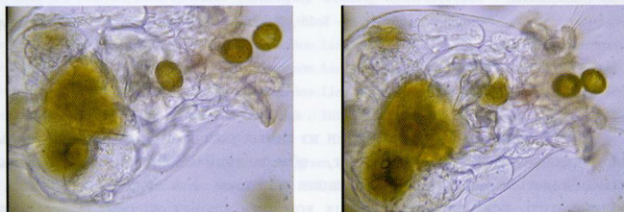


Фото 1. Фотоснимки, подтверждающие питание коловраток динофлагеллятами (*Peridinium* sp.), выполнены с помощью цифровой камеры Inspector-1 (планктон, рыбоводный пруд в долине Бейт-Шеана, июнь 2003 г).

Рыбоводные пруды, в которых была обнаружена новая для науки форма *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum*, отличались высокой минерализацией. Электропроводность воды, пропорционально связанная с упомянутым выше показателем, изменялась от 4,22 до 5,18 мСм/см. Активная реакция воды (pH) колебалась в пределах слабощелочного интервала от 7,5 до 7,9 и пруды отличались высокой трофностью из-за регулярной подкормки выращиваемой в них рыбы обработанными отходами животноводства.

Образцы водорослей собирали с помощью планктонной сетки (газ 76) в конце мая – начале июня 2003 г. и фиксировали 2 %-м раствором формальдегида. Перед фиксацией живые водоросли были предварительно изучены в световом микроскопе Swift (x740-1850), а некоторые из них сфотографированы с помощью цифровой камеры Inspector-1 в Институте эволюции Хайфского ун-та (Израиль).

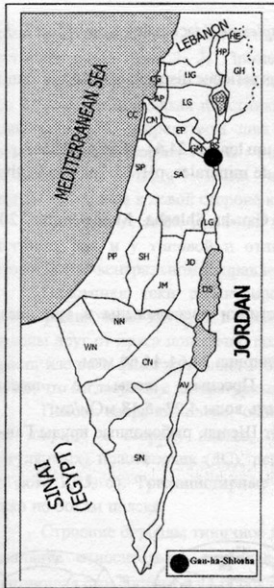


Рис. 1. Карта природных регионов Израиля: AP – Равнина Акко; AV – Долина Аравы; BS – Долина Бейт Шеана; CC – Берег Кармеля; CM – Гора Кармель; CN – Центральный Негев; DS – район Мертвого моря; EP – Равнина Эсдраэлон; CG – Галилейский Берег; GH – Голанские Высоты; GM – Гора Гильбоа; HE – Хермон; HP – Долина Хуль; JD – Иудейская Пустыня; JM – Иудейские Горы; LG – Нижняя Галилея; LJ – Долина Нижнего Иордана; NN – Северный Негев; PP – Филлистинская равнина; SA – Самария; SH – Шефела; SN – Южный Негев; SP – Равнина Шарон; UG – Верхняя Галилея; UJ – Долина Верхнего Иордана; WN – Западный Негев; ● – район Ган-ха-Шлоша;

Электронно-микроскопическое исследование найденных динофлагеллят было проведено с помощью сканирующего электронного микроскопа (JSM-35C) в отделе фикологии Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины (Киев). При подготовке образцов к СЭМ использовали стандартную методику (Крахмаальный, 2001), для вычисления статистических показателей применяли программу Microsoft Excel 97. Были измерены также показатели среды обитания – pH и электропроводность воды с помощью прибора HANNA HI 9813.

Нумерация текальных пластин дана по системе Кофоид (Kofoid, 1909, 1911) с учетом дополнений (строение пояса и борозды), внесенных Е. Балечем (Balech, 1977a, b, 1980). В статье мы придерживаемся современной классификации динофлагеллят (Fensome et al., 1993).

Результаты и обсуждение

Приводим диагноз новой для науки формы *Peridinium volzii* Lemm. var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny f. nov., принадлежащей к следующим таксонам высшего ранга:

Division: *DINOPHYTA* Round 1965

Class: *Dinophyceae* Pasch. 1914

Order: *Peridinales* Haeck. 1894

Familia: *Peridiniaceae* Ehrenb. 1831

Genus: *Peridinium* Ehrenb. 1830

Peridinium volzii Lemm. var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny f. nov. (рис. 2, 1-4).

Laminae apicales et intercalares in tribus seriebus dispositae. Quattuor laminae in serie intermedia sunt.

Dimensiones: Cellulae 34,65-50,05 μm longae, 24,64-44,66 μm latae.

Habitat: Plankton. Aquae dulces val de minerales, pH 7,5-7,9, conductivitas 4,22-5,18 mSm/cm.

Typus: Vallis Beit Shean, piscinas Gan-ha-Shlosha. Maius-Junius, 2003. Solitarius.

Holotypus: Fig. 2, 1-4.

Апикальные и промежуточные пластинки расположены в три ряда, в среднем ряду 4 пластинки.

Размеры: длина 34,65-50,05 мкм, ширина 24,64-44,66 мкм.

Местообитание: планктон. Пресные воды с высокой минерализацией, pH 7,5-7,9; электропроводность воды 4,22- 5,18 мСм/см.

Местонахождение: долина Бейт Шеана, рыбоводные пруды Ган-ха-Шлоша, май-июнь 2003 г., единично.

Голотип: рис. 2, 1-4.

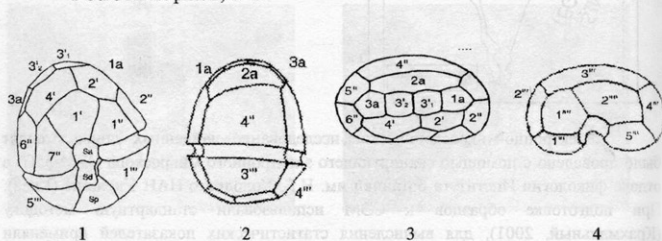


Рис. 2. *Peridinium volzii* Lemm. var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny (голотип): 1 – вентральная, 2 – дорзальная, 3 – апикальная, 4 – антапикальная стороны клетки. 1'-4' – апикальные, 1a-3a – промежуточные (интеркалярные), 1''-7'' – пресингулярные, 1'''-5''' – постсингулярные, 1''''-2'''' – антапикальные пластинки; Sa, Sd, Sp – судьяльные пластиночки.

Обнаруженные нами экземпляры *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* овальные, удлинённые, дорзо-вентрально уплощенные. Эпитека заметно больше гипотеки и, в отличие от *P. volzii* var. *volzii* f. *volzii*, более вытянутая, колоколообразная (см. рис. 2, 1), у типовой формы клетки округлые, а эпитека полусферическая (Coute, Tell, 1990). Апикальные (кроме ромбической 1', см. рис. 2, 1) и промежуточные пластинки расположены в три идущих один за другим ряда, причем, в отличие от *P. volzii* f. *volzii* (фото 2, 1), у *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* в среднем ряду 4 пластинки (см. рис. 2, 3; см. фото 2, 3, 4). В ряду, обращенном к спинной стороне, у типовой и новой форм одна промежуточная пластинка 2a. Однако у *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* вторая промежуточная пластинка 2a более вытянутая, прямоугольная и с апикальной стороны граничит с 4 пластинками, у типовой

формы 2а трапецевидная, шестиугольная и со стороны апекса соседствует с тремя пластинками (см. фото 2, 2). Промежуточные пластинки 1а и 3а у *P. volzii* var. *volzii* f. *volzii* и у *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* пятиугольные (см. рис. 2, 3 и фото 2, 1, 3). Ромбическая пластинка (1') также пятиугольная (см. рис. 2, 1), она соединяется с 3' посредством шва между 2' и 4' апикальными пластинками. Причем у типовой формы *P. volzii* var. *volzii* f. *volzii* 1' пластинка присоединяется к 3' в средней ее части, у *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* точка соединения этих пластинок смещена к левой стороне клетки (см. фото 2, 3, 4).

Гипотека *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* состоит из такого же количества пластинок, как и у типовой и отличается только большей степенью сжатости клеток в дорзо-вентральном направлении (см. рис. 2, 3, 4).

Пластинки теки ретикулированные, с многочисленными трихоцистарными порами, число которых в пределах альвеол варьирует от 1 до 6. Пластинки отделены друг от друга поперечно полосатыми швами, ширина которых зависит от возраста клеток и фазы жизненного цикла, в которой находились данные экземпляры *P. volzii*, что согласуется с литературными данными (Pfiester, Skvarla, 1979).

Поясок закручен влево, окаймленный, с левой стороны смещен на одну свою ширину в сторону апекса, состоит из 5 выступающих его поясковых (сингулярных) пластиночек (5C), непосредственно с бороздой граничат С5 и С1 (см. фото 2, 5, 6). Трихоцистарные поры, имеющиеся на пояске, располагаются только по бокам пояска.

Строение борозды типичное для вида *P. volzii*. Она лишь слегка заходит на эпивальву, относительно глубокая, расширяющаяся к антапексу и почти достигающая его, состоит из 4 бороздчатых (сулькальных) пластиночек (Sp, Sa, Sd, Ss). Задняя пластиночка (Sp) пятиугольная, ширина больше длины. Правая пластиночка борозды (Sd) крупная, четырехугольная, у части экземпляров с ее левой стороны внизу имеется каплевидное утолщение, прикрывающее место выхода жгутиков. Левая сулькальная пластиночка (Ss) узкая, вытянутая вдоль борозды, граничит с Sd и Sa, а также с пластинкой 1^{'''} гипотеки (см. фото 2, 6), у некоторых клеток Ss не видна (см. фото 2, 5). Трихоцисты расположены только по периферии сулькальных пластиночек.

Апикальные и антапикальные пластинки не имеют окаймления.

Проведенное нами электронно-микроскопическое изучение апикальной области *P. volzii* var. *volzii* f. *volzii* и *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* из местонахождений в Израиле позволяет предположить, что увеличение числа апикальных пластинок у новой формы произошло за счет деления пластинки 3' типовой формы *P. volzii* f. *volzii* на две; эти "новые" пластинки мы предлагаем именовать как 3'₁ и 3'₂ (см. фото 2, 3, 4).

Других различий, кроме различий в количестве пластинок и форме эпитеки, между этими двумя формами вида *P. volzii* мы не обнаружили.

Длина *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* в среднем составляет 41,81 мкм (размах признака – 34,65-50,05 мкм), ширина – 34,37 мкм (24,64-44,66 мкм), т.е. размеры новой формы немного меньше, чем типовой *P. volzii* f. *volzii* (длина 38-60 мкм, ширина 36-53 мкм; Киселев, 1954; см. таблицу).

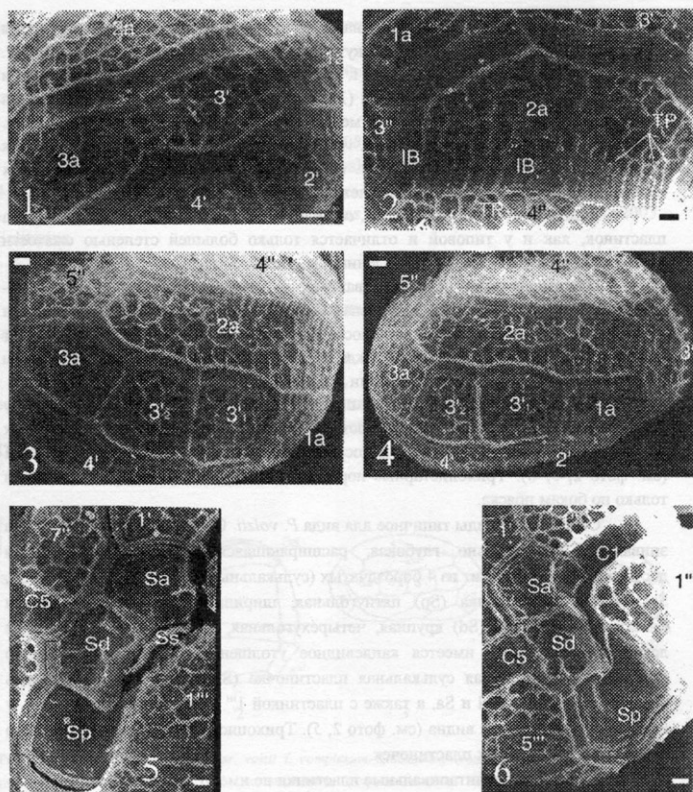


Фото 2. 1-2 - *Peridinium voltzii* Lemm. var. *voltzii* f. *voltzii* Lemm.; 3-6 - *P. voltzii* var. *voltzii* f. *complexum* Krachmalny f. nov., СЭМ JSM-35 С; 1, 3, 4 - вид клеток с апикальной, 2 - дорзальной, 5-6 - вентральной сторон; 3 - вторая вставочная пластинка (2а), 5, 6 - микроструктура пояса и борозды. TP - трихостарные поры, IB - поперечнополосатые швы между пластинками теки; 1'-4' - апикальные; 1а-3а - промежуточные (интеркалярные); 1'''-7''' - пресингулярные; 1'''-5''' - постсингулярные; C1-C5 - поясковые пластиночки; Sp - задняя, Sd - правая, Sa - передняя и Ss - левая сулькальные (бороздчатые) пластиночки. Нумерация пластинок дана по Кофиду (Kofoid, 1909), пластинок борозды и пояса - по Балечу (Balech, 1977, 1980). Шкала 1 мкм.

Таблица. Размеры клеток *Peridinium volzii* Lemm. var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny и *P. volzii* Lemm. var. *volzii* f. *volzii* Lemm. (мкм)

Размерные характеристики клеток	<i>P. volzii</i> var. <i>volzii</i> f. <i>complexum</i> (оригинальные)			<i>P. volzii</i> var. <i>volzii</i> f. <i>volzii</i> (Киселев, 1954)	
	Длина клеток	Ширина клеток	Высота эпитеки	Длина клеток	Ширина клеток
Среднее значение	41,811	34,3775	26,18	49,00	44,50
Стандартная ошибка	0,974142	1,19681	0,97877	-	-
Медиана	40,425	34,65	25,025	-	-
Мода	38,5	30,8	23,1	-	-
Стандартное отклонение	4,356494	5,35233	4,37721	-	-
Дисперсия выборки	18,97904	28,6474	19,1600	-	-
Экцесс	-1,24686	-0,63569	-1,39827	-	-
Асимметричность	0,260927	0,01471	0,08404	-	-
Интервал	15,4	20,02	13,09	-	-
Минимум	34,65	24,64	19,25	38,00	36,00
Максимум	50,05	44,66	32,34	60,00	53,00
Количество изученных клеток	20	20	20	-	-
Уровень надежности (95,0%)	2,038903	2,50497	2,04860	-	-

Отличие новой для науки формы (*P. volzii* Lemm. var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny) от типовой состоит в том, что ее особи имеют раздвоенную третью апикальную пластинку (3'), см. рис. 2, 3. А так как клетки *P. volzii* с раздвоенной пластинкой отмечены нами неоднократно в тех же водоемах, где мы находили и типовую форму этого вида (т.е. этот признак обладал устойчивой повторяемостью), отклоняющиеся от типовых экземпляры *P. volzii* var. *volzii* описаны нами как новая для науки форма – *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum*.

Благодарности

Авторы выражают признательность д-ру Томашу Павличеку (Ин-т эволюции Хайфского ун-та, Израиль) за помощь в проведении полевых наблюдений и сборе образцов.

A.F. Krakhmalny¹, S.P. Wasser^{1,2}, E.Nevo², A.S. Boltovskoy³, S.S. Barinova², M.A. Krakhmalny⁴

¹N.G.Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine,
2, Tereshchenkivska St., Kiev, GSP, 01601, Ukraine

²International Center for Cryptogamic Plants and Fungi, Institute of Evolution,
University of Haifa, Mount Carmel, 31905 Haifa, Israel

³Department of Phycology, La Plata Museum, Paseo del Bosque, 1900, La Plata, Argentina

⁴International Solomon University, Biological Faculty, Sholudenko St., 1, Kiev, 01135, Ukraine

NEW FORM OF *DINOPHYTA* FROM FRESH WATERS OF NORTH ISRAEL

New form of dinophytes *Peridinium volzii* Lemm., *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* Krachmalny has been found in water bodies of North Israel. It differs from the type form by bifurcated apical plate. Results of comparative analysis and TEM studies of *P. volzii* var. *volzii* f. *volzii* and *P. volzii* var. *volzii* f. *complexum* morphology, their figures and microphotographs are presented.

К е у о р д с : *Peridinium volzii* var. *volzii* f. *complexum*, *Dinophyta*, ultrastructure, phytoplankton, Israel.

Киселев И.А. Панцирные жгутиконосцы (*Dinoflagellata*) морей и пресных вод СССР. Определитель по фауне СССР. 33. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 280 с.

Киселев И.А. Пиропитовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6. – М.: Сов. наука, 1954. – 212 с.

Крахмальний А.Ф. Аннотированный список динофитовых водорослей водоемов Украины. – Киев, 1994. – 48 с. – Деп. в ВИНТИ 03.06.94, N1091-Ук 94.

Крахмальний А.Ф., Павина З.А. *Dinophyta*. Разнообразие водорослей Украины / Под ред. С.П. Вассера, П.М. Царенко // Альгология. – 2000. – 10, № 4. – С. 68-83.

Крахмальний А.Ф. Новый вид рода *Peridiniopsis* Lemm. (*Peridinales*, *Dinophyta*) // Альгология. – 2001. – 11, № 4. – С. 468-473.

Матвиенко О.М., Литвиненко Р.М. Пиропитові водорості – *Pyrophyta*. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. III. Ч. 2. – К.: Наук. думка, 1977. – 386 с.

Balech E. Cuatro especies de *Gonyaulax*, sensu lato, y consideraciones sobre el genero (*Dinoflagellata*) // Rev. Mus. Argent. Cienc. Natur. Hidrobiol. – 1977. – 5, N 6. – P. 115-136.

Balech E. Estructura de *Amphisolenia bidentata* Schroder (*Dinoflagellata*) // Physis, sec. A (Buenos Aires). – 1977. – 37, N 93. – P. 25-32.

Balech E. On thecal morphology of dinoflagellates with special emphasis on circular and sulcal plates // An. Centro Cienc. Del. Mar. (Mexico). – 1980. – 7, N 1. – P. 57-68.

Boltovskoy A. Formacion del arqueopilo en tecas de *Dinoflagelados* // Rev. Esp. Micropaleontol. – 1973. – 5, N 1. – P. 81-88.

Boltovskoy A. Estudio comparativo de las Bandas intercalares y zonas pandasuturales en los generos de *Dinoflagelados* *Peridinium* s.s., *Protoperidinium* y *Paleoperidinium* // Limnobiol. Fasc. – 1979. – 9. – P. 325-332.

Bourrelly P. Les Algues d'eau douce. Initiation a la Systematique. III. Les Algues bleues et rouges. Les *Eugleniens*, *Peridiniens* et *Cryptomonadines*. 3. Place Saint-Andre-Des-Arts, Paris. – 1970. – P. 37-102.

Coute A., Tell G. Quelques *Peridinium* Ehr. (Algae, Pyrophyta) d'eau douce etudies au microscope electronique a balayage // Cryptogam. Algol. – 1990. – 11, N 13. – P. 203-218.

- Huber-Pestalozzi G. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Teil 3. – Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlag, 1950. – 310 S.
- Fensome R.A.; Taylor F.J.R.; Norris G. et al. A classification of living and fossil dinoflagellates // Micropaleontol. Spec. Publ. – 1993. – N 7. – P. 1-334.
- Kofoid C.A. On *Peridinium steinii* Jörg., with a note on the nomenclature of the scelet of the *Peridiniidae* // Arch. Pritist. – 1909. – 16. – S. 25-47.
- 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 // Unif. Calif. Publ. Zool. – 1911. – 8. – S. 187-286.
- Krakhmalnyy A.F., Wasser S.P., Nevo E. *Dinophyta*. Cyanoprocaryotes and algae of continental Israel (Biodiversity of Cyanoprocaryotes, Algae and Fungi of Israel) / Ed. E. Nevo, S.P. Wasser. – Germany, 2000. – P. 178-185.
- Ling H.U., Croome R.L., Tyler P.A. Freshwater *Dinoflagellates* of Tasmania, a survey of taxonomy and distribution // Brit. Phycol. J. – 1989. – 24. – P. 111-129.
- Popovskiy J., Pfister L. *Dinophyceae (Dinoflagellida)*. Süßwasserflora von Mitteleuropa Band. 6. – Jena; Stuttgart: Gustav Fischer, 1990. – 272 S.
- Pfister L., Skvarla J. Heterothallism and thecal development in the sexual life history of *Peridinium volzii* (*Dinophyceae*) // Phycologia. – 1979. – 18, N 1. – P. 13-18.
- Pfister L., Carty S. Utex 1336: *Peridinium cinctum* or *Peridinium volzii* (*Dinophyceae*) // J. Phycol. – 1985. – 21. – P. 509-511.
- Schiller J. *Dinoflagellatae (Peridineae)*. X. Band, 3 Abteilung // Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. – Leipzig: Akad. Verlag, 1935. – S. 147-150.
- Starmach K. Flora słodkowodna Polski. T. 4. Polska Akadem. Nauk. – Warszawa; Krakow: Panstw. Wydaw. Nauk., 1974. – 520 p.

Получена 20.11.03

Подписала в печать Н.В. Кондратьева