

УДК 582

А.Ф. КРАХМАЛЬНЫЙ¹, М.А. ГОЛОЛОВОВА², М.А. КРАХМАЛЬНЫЙ³

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

01001 Киев, ул. Терещенковская, 2, Украина

²Московский госуниверситет им. М.В. Ломоносова, каф. микологии и альгологии,

119899 Москва, Воробьевы горы, МГУ, Россия

³Международный Соломонов ун-т, биологический факультет.

01135 Киев, ул. Шолуденка, 1-б, Украина

МОРФОЛОГИЯ *PERIDINIUM GATUNENSE* Nyg. (*DINOPHYTA*) ИЗ ОЗЕРА ЭЛЬ ПАДРЕ (МЕКСИКА)

С помощью сканирующего электронного микроскопа изучена микроморфология теки *Peridinium gatunense* Nyg. из озера Эль Падре (Центральная Америка, п-ов Юкатан). Обсуждаются вопросы географической изменчивости морфологических признаков. Статья иллюстрирована микрофотографиями.

Ключевые слова: *Peridinium gatunense*, *Dinophyta*, микроструктура теки, фито-планктон, Мексика.

Введение

Peridinium gatunense Nyg. был описан Ж. Нигаардом из образцов фитопланктона, отобранных в оз. Гатун, Центральная Америка (Ostenfeld, Nygaard, 1925). В 1927 г. М. Лефевр (Lefevre, 1927), описал этот же вид из Франции как *P. cinctum* var. *gibbosum* M. Lefevre, а затем перевел его в синоним *P. gatunense* (Lefevre, 1932). В дальнейшем *P. gatunense* неоднократно находили в Европе (Schiller, 1937; Киселев, 1950, 1954; Bourrelly, 1968; Матвиеико, Литвиненко, 1977; Popovsky, Pfister, 1990; Крахмальный, 1994; Крахмальный, Панина, 2000); в Азии (Boltovskoy, 1983; Berman, Dubinsky, 1985; Hickel, Pollinger, 1988; Butov, Wynne, 1994, 1996, 1997; Yacobi et al., 1996; Zohary et al., 1998); в Африке (Bourrelly, 1961); в Австралии (Ling et al., 1989); в Северной (Pfister, 1977; Carty - <http://www.aves.net/algaeweb/pgatunse.htm>), Центральной (Presscott, 1955; Zaret, 1984) и Южной Америке (Boltovskoy, 1973), водоемах Мексики *P. gatunense* до 2003 г. не был отмечен (Silva-Barcenas, 1963; Pedroche et al., 1993; Cervantes et al., 2002; Schmitter-Soto et al., 2002; Figueroa-Torres, Moreno-Ruiz, 2003; Figueroa-Torres et al., 2003).

Морфологически *P. gatunense* (= *P. cinctum* var. *gibbosum*) близок к *P. cinctum* (O.F. Müll.) Ehr. Сходство особенно значительно, если клетки рассматривать с верхней апикальной стороны. Именно оно стало причиной ряда ошибочных определений *P. gatunense* как *P. cinctum* f. *westii* (Lemmerm.) M. Lefevre (Berman et al., 1972; Pollinger, Serruya, 1976; Berman, Roth, 1979; Bermann, Dubinsky, 1985), на что впервые обратил внимание А.С. Болтовской (Boltovskoy, 1983).

Peridinium gatunense отличается от *P. cinctum* продольной бороздой (сулькусом), не вдающейся в эпитеку, и центрально расположенной ромбической пластиной, которая у *P. gatunense* имеет меньший размер.

© А.Ф. Крахмальный, М.А. Гололобова, М.А. Крахмальный, 2006

Кроме того, в литературе отмечено, что "азиатские" (изральские) и "африканские" экземпляры *P. gatunense* ближе к *P. cinctum*, чем южноамериканские (Boltovskoy, 1983).

Материалы и методы

Образцы водорослей, в которых был найден *P. gatunense*, отбирали с помощью планктонной сетки из оз. Эль Падре 28 апреля 2001 г. (Центральная Америка, Мексика, штат Куинтана Роо, п-ов Юкатан, 19° 36' 23" зап. д., 87° 59' 17" сев. ш., рис. 1). Данный водоем небольшой, овальной формы, относительно глубокий, в среднем 8,77 м, 111,5 м дл., 108,4 м шир. Во время отбора проб температура воды в нем была 25,5 °С, рН 9,5, электропроводность составляла 1,2 мС/см⁻¹, содержание NO₃⁻ 5,3 мМ, NO₂⁻ 0,15 мМ, PO₄³⁻ 0,011 мМ.



Рис. 1. ● — Местонахождение оз. Эль Падре (Центральная Америка, Мексика, штат Куинтана Роо, п-ов Юкатан).

Пробы фитопланктона отбирали по всему водоему, буксируя планктонную сеть за моторной лодкой, двигавшейся с небольшой скоростью в течение 20 минут. Образцы водорослей фиксировали 2 %-м раствором формальдегида. Микроструктуру *P. gatunense* исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-35С в Ин-те ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины. Предмикроскопная подготовка динофлагеллят выполнена по ранее описанной методике (Крахмальный, 2001). Для обозначения текальных пластин использовали систему К. Кофоиды (Kofoid, 1909, 1911), с дополнениями Э. Балеча (строение пояса и продольной борозды, Valech, 1980).

Результаты и обсуждение

Найденные экземпляры *Peridinium* Ehr. (табл. I, II) из оз. Эль Падре отвечают диагнозу *P. gatunense* Nyg. (Ostenfeld, Nygaard, 1925). Ниже приводим их описание.

Клетки овальные, иногда немного дорзовентрально сжатые, без апикальной поры, с крупными и хорошо заметными, даже в световом микроскопе, текальными пластинами. Ширина обнаруженных нами экземпляров *P. gatunense*

чаще была больше длины. Эпи- и гипотека равные, у зрелых особей тупоконические. Поясок широкий, окаймленный и завитой влево. Борозда тоже окаймленная,низу она расширяется и почти достигает антапекса. Пластины грубые, ретикулированные, с многочисленными полигональными альвеолами, усеянными трихоцистарными порами, число которых варьирует от 1 до 6 на одну альвеолу, в среднем 2 поры. В пределах альвеол поверхность текальных пластинок ровная и гладкая. Трихоцистарные поры находятся в понижениях альвеол, диаметр пор составляет 0,1-0,2 мкм. Молодые клетки *P. gatunense* сравнительно мелкие (38,3-40,0 мкм дл., 37,9-40,0 мкм шир.), с возрастом их размеры увеличиваются до 45,83 мкм дл. и шир., при этом растет и расстояние между пластинками теки (интеркалярные полосы). С возрастом ширина полос достигает 3-4 мкм. Ширина между пластинами теки, располагающимися на вентральной стороне гипотеки, максимальная, в сулькальной области – минимальная. Наибольшее расстояние между пластинами теки приходится на среднюю часть клеток, поэтому ширина зрелых экземпляров этого вида заметно превышает длину. Так, нами был обнаружен экземпляр 38,46 мкм дл. и 43, 85 мкм шир. С возрастом изменяется общая форма клеток, а эпитека и гипотека приобретают тупоконическую форму.

Тека *Peridinium gatunense* состоит из четырех апикальных пластин (4', см. табл. I, II), трех интеркалярных (3а), семи пресингулярных (7''), пяти сингулярных (поясковых) пластин (5с), пяти сулькальных (бороздчатых, 5s), пяти постсингулярных (5''') и двух антапикальных пластин (2''').

Ромбическая пластина (1') пятиугольная, ее вершина смещена к левой стороне клетки. Своим основанием пластина 1' опирается на левый край пояска (см. табл. I, 5).

Третья апикальная пластина (3') широкая, пятиугольной формы, соответствующая авторскому описанию вида (Ostenfeld, Nygaard, 1925). Однако ее общая форма изменчива и варьирует от клиновидной до прямоугольной. По этому признаку экземпляры *P. gatunense* из Мексики отличаются от этого же вида, развивающегося в пресных водоемах Израйля. У израильской популяции *P. gatunense* пластина 3' более вытянутая и обычно "клиновидная" (Hickel, Pollinger, 1988).

Как уже было отмечено выше, имеется 5 сингулярных пластин, их границы совпадают с боковыми границами пяти постсингулярных пластин гипотеки. Ширина пояска – величина постоянная, его правый край в районе борозды расположен ниже левого края примерно на две ширины пояска.

Сулькус состоит из пяти бороздчатых пластин (см. табл. II, 4), их расположение характерно для представителей рода *Peridinium* (Boltovskoy, 1973, 1976, 1983). Верхняя сулькальная пластина (Sa) ограничена левым краем седьмой и левым краем первой пресингулярной пластин эпитеки, а также верхним правым краем первой постсингулярной пластины гипотеки. Ширина пластины Sp больше ее высоты, она вогнутая, пятиугольная и сверху граничит с Sd, Ss и Spa, а также с 5'', 1'', 2''' и 1''' пластинами гипотеки. Левый верхний край Sp имеет характерный для *P. gatunense* удлиненный выступ (см. табл. II, 4), который вместе с пластинами Sd и Ss образует своеобразный желобок, в котором располагается продольный жгутик. Все сулькальные пластины, за исключением Spa, имеют трихоцистарные поры и ареолы, которые на Sp более развиты. Как и у *P. gutvinskii* (Coute, Tell, 1990), флагеллярная пора сформирована внутренними гранями сулькальных пластин Ss, Sa, Sd и Sp. Полная текальная формула *P. gatunense*: 4', 3а, 7'', 5с, 5s, 5'', 2''' (см. табл. I, II).

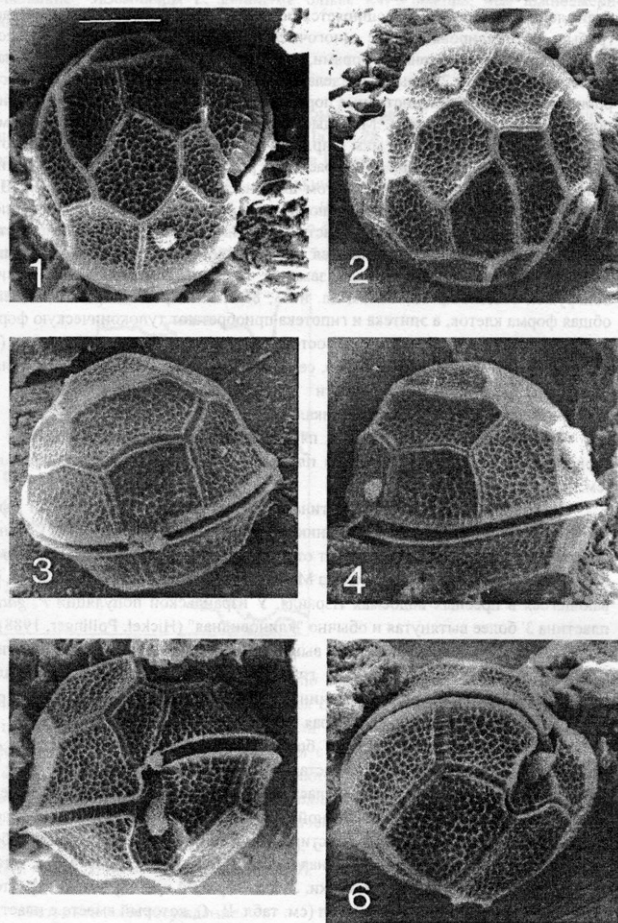


Табл. 1. *Peridinium gatunense* Nyg.: 1, 2 – апикальная сторона; 3, 4 – дорзальная; 5 – вентральная; 6 – гипотека. СЭМ JSM-35 С. Масштаб 10 мкм.

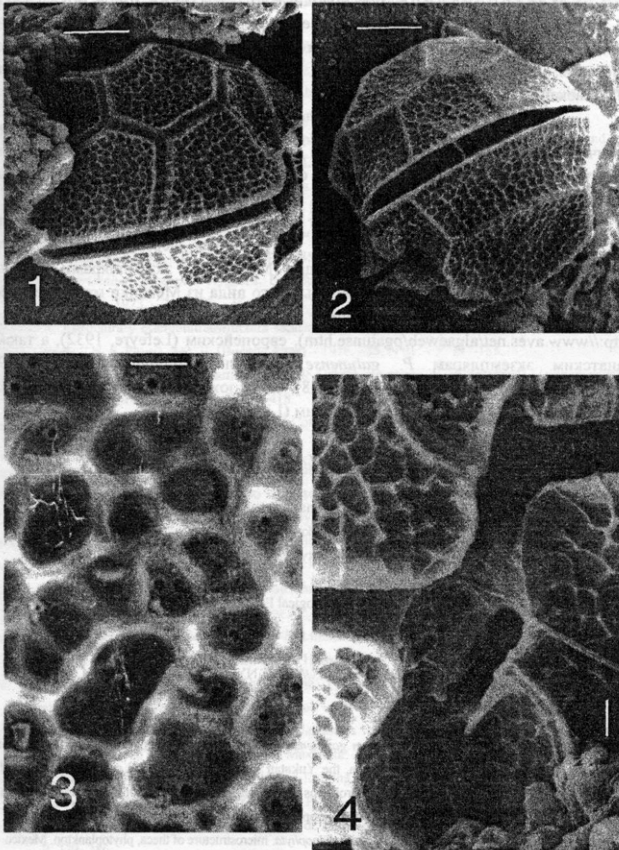


Табл. II. *Peridinium gatunense* Nyg.: 1 – правая сторона клетки; 2 – левая сторона; 3 – альвеолы и трихоцитарные поры; 4 – вентральная сторона, строение борозды и пояса. СЭМ JSM-35 С. Масштаб 1, 2 – 10 мкм; 3, 4 – 1 мкм.

Местообитание: пресноводные водоемы (лужи, озера, пруды, реки).

Общее распространение: Америка (Канада, США, Мексика, Панама, Аргентина, Бразилия), Европа (Франция, Голландия, Германия, Чехия, Словакия, Украина), Азия (Израиль, Китай), Африка (Западная Африка), Мадагаскар.

В общем, *Peridinium gatunense* морфологически близок к *P. cinctum* и отличается от него строением борозды (у *P. gatunense* не заходит на эпитеку), пластиной эпитеки 5" (у *P. gatunense* она меньше 3" гипотеки), сравнительно маленькой ромбической пластиной и своеобразной апикальной пластиной 3', которая у *P. gatunense* изменяется от клиновидной до почти прямоугольной (у *P. cinctum* она тоже клиновидная, но ее общая форма более вытянутая). Сравнение *P. gatunense* из оз. Эль Падре (Мексика) с экземплярами из других регионов планеты, показало, что образцы этого вида из Мексики морфологически (особенно строением эпитеки) ближе к североамериканским (Susan Carty - <http://www.aves.net/algaeweb/pgatunse.htm>), европейским (Lefevre, 1932), а также к азиатским экземплярам *P. gatunense* (Израиль; Pollingher, Serruya, 1976; Boltovskoy, 1983; Hickel, Pollingher, 1988), чем к южноамериканским (Boltovskoy, 1973; Itis, Couste, 1984) или австралийским (Ling et al., 1989).

A.F. Krakhmalny¹, M.A. Gololobova² & M.A. Krakhmalny³

¹N.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine.

² Tereshchenkovskaya St., 01001 Kiev, Ukraine

³ Moscow M.V. Lomonosov State University, Dept. of Mycology and Algology, Vorobyevy Gory, 119899 Moscow, Russia

³ International Solomonov University, Biological Faculty.

1b, Sholudenko St., 01135 Kiev, Ukraine

MORPHOLOGY OF *PERIDINIUM GATUNENSE* NYG. (*DINOPHYTA*) FROM LAKE EL PADRE (MEXICO)

The dinophytic species *Peridinium gatunense* Nyg., new for continental water bodies of Mexico, was found in Lake El Padre (Central America, the Yukatan Peninsula). The thecal micromorphology of this species was studied by scanning microscopy. Problems on geographical variability of morphological characters are under discussion. The paper is illustrated by microphotographs.

К е у в о р д с : *Peridinium gatunense*, *Dinophyta*, microstructure of theca, phytoplankton, Mexico.

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. – С. 166-168.

Крахмальный А.Ф. Аннотированный список динофитовых водорослей водоемов Украины. – Киев, 1994. – 48 с. – Рук. деп. в ВИНТИ 03.06.94, № 1091-Ук 94.

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

- Крашмальный А.Ф. Новый вид рода *Peridiniopsis* Lemm. (*Peridinales*, *Dinophyta*) // Там же. – 2001. – 11, № 4. – С. 468-473.
- Матвиенко О.М., Липашиенко Р.М. Пиропфітові водорості – *Pyrophyta* // Визначник прісноводних водоростей Української РСР. III. Ч. 2. – К.: Наук. думка, 1977. – 386 с.
- Balech E. On thecal morphology of dinoflagellates with special emphasis on circular and sulcal plates // An. Centro Cienc. Del. Mar. Y Limnol., Univ. Auton. Mexico. – 1980. – 7, N 1. – P. 57-68.
- Berman T., Pollinger U., Gophen M. Lake Kinneret: planktonic populations during seasons of high and low phosphorus availability // Verh. Intern. Ver. Limnol. – 1972. – 18. – P. 588-598.
- Berman T., Roth I.L. The flagella of *Peridinium cinctum* f. *westii*: in situ fixation and observation by scanning electron microscopy // Phycologia. – 1979. – 18. – P. 307-311.
- Berman T., Dubinsky Z. The autoecology of *Peridinium cinctum* f. *westii* from lake Kinneret // Verh. Intern. Ver. Limnol. – 1985. – 22, N 2. – P. 2850-2854.
- Boltovskoy A. *Peridinium gatunense* Nygaard. Estructura y estereoultraestructura tecal (*Dinoflagellida*) // Physis, B. – 1973. – 32, N 85. – P. 331-344.
- Boltovskoy A. Estructura y estereoultraestructura tecal de *Dinoflagelados*. III. *Peridinium bipes* Stein, forma apoda // N. F. Physis. Sec. B. (Buenos Aires) – 1976. – 35, N 91. – P. 147-155.
- Boltovskoy A. *Peridinium cinctum* f. *westii* del Mar de Galilea, sinonimo de *P. gatunense* (*Dinophyceae*) // Limnobiós. – 1983. – 2, N 6. – P. 413-418.
- Bourrelly P. Algues d'eau douce de la Republique de Cote d'Ivoire // Bull. Inst. Afr. Noire. – 1961. – 23, N 2. – P. 283-374.
- Bourrelly P. Notes sur les *Peridiniens* d'eau douce // Protistologica. – 1968. – 4, N 1. – P. 5-16.
- Butow B., Wynne D., Tel-Or E. Response to catalase activity to environmental stress in the freshwater dinoflagellate *Peridinium gatunense* // J. Phycol. – 1994. – 30, N 1. – P. 17-22.
- Butow B., Wynne D., Tel-Or E. Seasonal and environmental influences on antioxidative protection in *Peridinium gatunense* in Lake Kinneret // J. Appl. Phycol. – 1996. – 8. – P. 403-407.
- Butow B. J., Wynne D., Tel-Or E. Antioxidative protection of *Peridinium gatunense* in Lake Kinneret: Seasonal and daily variation // J. Phycol. – 1997. – 33. – P. 780-786.
- Cervantes A., Elias-Gutierrez M., Suarez-Morales E. Limnological and morphometrical data of eight karstic systems cenotes of the Yucatan Peninsula // Hidrobiologia. – 2002. – 481, N 1. – P. 167-177.
- Coute A., Tell G. Quelques *Peridinium* Ehr. (*Algae*, *Pyrrhophyta*) d'eau douce etudies au microscope electronique a balayage // Cryptogamie, Algol. – 1990. – 11, N 13. – P. 203-218.
- Figueroa-Torres M.A., Moreno-Ruiz I.L. 4. *Dinoflagelados dulceacuicolas* de Mexico. 4. Freshwater dinoflagellates of Mexico // Planctologia Mexicana. – 2003. – P. 85-102.
- Hickel B., Pollinger U. Identification of the bloom-forming *Peridinium* from lake Kinneret (Israel) as *P. gatunense* // Brit. Phycol. J. – 1988. – 23. – P. 115-119.
- Illis A., Coute A. *Peridinales* (*Algae*, *Pyrrhophyta*) de Bolivie // Rev. Hydrobiol. Erop. – 1984. – 17. – P. 279-286.
- Kofoed C.A. On *Peridinium steinii* Jorg., with a note on the nomenclature of the scelet of the *Peridiniidae* // Arch. Protist. – 1909. – 16. – P. 25-47.
- Kofoed C.A. *Dinoflagellata* of the San Diego region. 4. The genus *Gonyaulax*, with notes on its skeletal morphology and adiscussion of its generic and specific characters // Unif. Calif. Publ. Zool. – 1911. – 8. – P. 187-286.
- Lefevre M. Sur le variations tabulaires chez les *Peridiniens* d'eau douce et leur notation. Diagnoses d'especies et de varietes nouvelles // Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris. – 1927. – 23. – P. 118-122.
- Lefevre M. Monographie des especes d'eau douce du genre *Peridinium* Ehr. // Arch. Bot. – 1932. – 2. – P. 210.

- 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.
- Ostenfeld C. H., Nygaard G. On the phytoplankton of the Gatun Lake, Panama Canal. Dansk // Bot. Ark. – 1925. – 4, N 10. – P. 1-16
- Pedroche F.F., Dreckmann K.M., Senties A.G. Diversidad Algal en Mexico // Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. – 1963. – 64. – P. 69-92.
- Pollinger U., Serruya C. Phased division of *Peridinium cinctum* f. *westii* (*Dinophyceae*) and development of the Lake Kinneret (Israel) bloom // J. Phycol. – 1976. – 12, N 2. – P. 162-170.
- Popovsky J., Pfister L. *Dinophyceae* (Dinoflagellida) // Süsswasserflora von Mitteleuropa Bd. 6. – Jena; Stuttgart: Gustav Fischer, 1990. – 272 p.
- Presscott G. W. Algae of the Panama Canal and its tributaries I. Flagellated organisms // Ohio J. Sci. – 1955. – 55, N 2. – P. 99-121.
- Pfister L. A. Sexual reproduction of *Peridinium gatunense* (*Dinophyceae*) // J. Phycol. – 1977. – 13, N 1. – P. 92-95.
- Silva-Barcenas A. Ribucion de los generos la laguna de terminos, Che. Mexico. Sistemática y distribución de los generos de diatomeas de La Laguna // Geologia. – 1963. – 67, N 2. – P. 1-31.
- Schnitter-Soto J.J., Comin F.A., Escobar-Briones E., Herrera-Silveira J., Alcocer J., Suarez-Morales E., Elias-Gutierrez M., Diaz-Arce Y., Marin L.E., Steinich B. Hydrogeochemical and biological characteristics of cenotes in the Yucatan Peninsula SE Mexico // Hydrobiologia. – 2002. – 467. – P. 215-228.
- Schiller J. Dinoflagellatae (*Peridineae*). X. Bd. 3 (2) Abteilung // Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. – Leipzig: Akad. Verlag, 1937. – 589 S.
- Yacobi Y. Z., Pollinger U., Gonen Y., Gerhardt V., Sukenik A. HPLC analysis of phytoplankton pigments from Lake Kinneret with special reference to the bloom-forming dinoflagellate *Peridinium gatunense* (*Dinophyceae*) and chlorophyll degradation products // J. Plankton Res. – 1996. – 18. – P. 1781-1796.
- Zaret T. M. Central American limnology and Gatun lake, Panama // Lakes and Reservoirs (Ecosystems of the world, 23). – Amsterdam: Elsevier, 1984. – P. 447-465.
- Zohary T., Pollinger U., Hadas O., Hambright K.D. Bloom dynamics and sedimentation of *Peridinium gatunense* in Lake Kinneret // Limnol. and Oceanography. – 1998. – 43. – P. 175-186.

Получена 11.05.05

Подписала в печать Н.В. Кондратьева