

УДК 581.55 (582.26/27)

***Chroomonas acuta* Uterm. (Cryptophyta) в Телецком озере (Алтай, Россия)**

***Chroomonas acuta* Uterm. (Cryptophyta) in Lake Teletskoye (Altai, Russia)**

Е.Ю. Митрофанова

E.Yu. Mitrofanova

Институт водных и экологических проблем СО РАН, ул. Молодежная, 1, Барнаул 656038, Россия, E-mail: emit@iwep.ru
Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Molodezhnaya St., 1, Barnaul 656038, Russia

Key words: *Chroomonas acuta*, Телецкое озеро, морфологические особенности, распространение, сезонная динамика.

Ключевые слова: *Chroomonas acuta*, Lake Teletskoye, morphological peculiarities, distribution, seasonal dynamics.

Аннотация. В работе проанализированы результаты изучения *Chroomonas acuta* Uterm. (Cryptophyta) в фитопланктоне Телецкого озера в период с 1989 по 2012 гг. Приведены особенности морфологического строения и размерные характеристики по данным светового и электронно-микроскопического изучения данного вида в планктоне озера. Выявлена сезонная и межгодовая динамика, отмечены особенности вертикального распределения *Ch. acuta* в пелагиали глубокого водоема.

Summary. The results of the study of *Chroomonas acuta* Uterm. (Cryptophyta) in the phytoplankton of Lake Teletskoye during the period of 1989–2012 were analyzed. The peculiarities of the morphological structure and dimensional characteristics according to the light and electron-microscopic study of the species in the plankton of the lake were given. The seasonal and interannual dynamics as well as the features of *Ch. acuta* vertical distribution in the pelagic zone of the deep oligotrophic lake were revealed.

Введение

Среди огромного многообразия водорослей в пресных водоемах, морях и океанах особое место принадлежит криптофитовым (Cryptophyta), которые успешно конкурируют за местообитание с водорослями других отделов (Klaveness, 1988). Обычно они замыкают пятерку или шестерку наиболее разнообразных по составу отделов водорослей. Могут обитать в водоемах раз-

ного трофического уровня и широком диапазоне температуры воды, поэтому некоторых представителей криптофитовых водорослей можно найти даже в снеге (Javornický, Hindák, 1970), который они при массовом развитии окрашивают, например, в розовый цвет. Водоросли этого отдела являются важным компонентом водных экосистем, потому что могут быть предпочтительным пищевым объектом для многих консументов, в том числе для мальков рыб на рыбных фермах, так как имеют небольшие размеры, мягкую клеточную оболочку и нетоксичны. Отличительной особенностью криптофитовых водорослей можно назвать их способность существовать при недостатке света, т.е. в более глубоких слоях воды или подо льдом вследствие наличия в их клетках особого билипротеинового комплекса (Gervais, 1997; Hammer et al., 2002), отчего они способны к гетеротрофному питанию.

Крупные и глубокие водоемы с обширной пелагиалью благоприятны для развития этой группы водорослей. В таких озерах можно встретить разнообразное по составу и обильное сообщество криптофитовых водорослей. На начальном этапе развития альгологии значение этой группы водорослей, как индикаторов тех или иных свойств среды обитания, как существенного звена в пищевой цепи и как одного из важных факторов в жизни водоемов, в круговороте веществ,

было недооценено (Kiselev, 1954). Обнаружение криптофитовых водорослей в фитопланктоне разных водных объектов и выявление их роли в основном происходило в последние десятилетия XX века, что, возможно, связано как с усовершенствованием методик консервирования проб (при жесткой фиксации они меняют форму тела и отбрасывают жгутики), так и с применением новых методов исследования, в том числе в световой и электронной микроскопии.

В Телецком озере, глубоком олиготрофном водоеме в горах Алтая на юге Западной Сибири, водоросли этой группы ранее, возможно, также не учитывали при отборе (исследовали в основном сетной планктон, а размер ячеек планктонной сети часто больше размеров клеток криптофитовых водорослей) и обработке проб с помощью светового микроскопа ввиду их малых размеров. Поэтому действительная роль криптофитов в фитопланктоне Телецкого озера до конца 80-х гг.

прошлого века была не выявлена. С началом современных исследований озера ИВЭП СО РАН в 1989 г. и изучением проб фитопланктона, обработанных отстойным методом, значимость этого отдела водорослей была пересмотрена. Среди многочисленных представителей криптофитовых особое значение принадлежит одноклеточному жгутиконосцу небольших размеров *Chroomonas acuta* Uterm., упоминание о котором в настоящее время можно встретить во многих публикациях, посвященных исследованию планктона озер, рек и водохранилищ.

Цель работы – изучение морфологических особенностей и оценка развития *Ch. acuta* в глубоком олиготрофном водоеме в условиях юга Западной Сибири.

Материалы и методы

Телецкое озеро (рис. 1), расположенное на юге Западной Сибири в горах Алтая ($51^{\circ}31'45''$ N

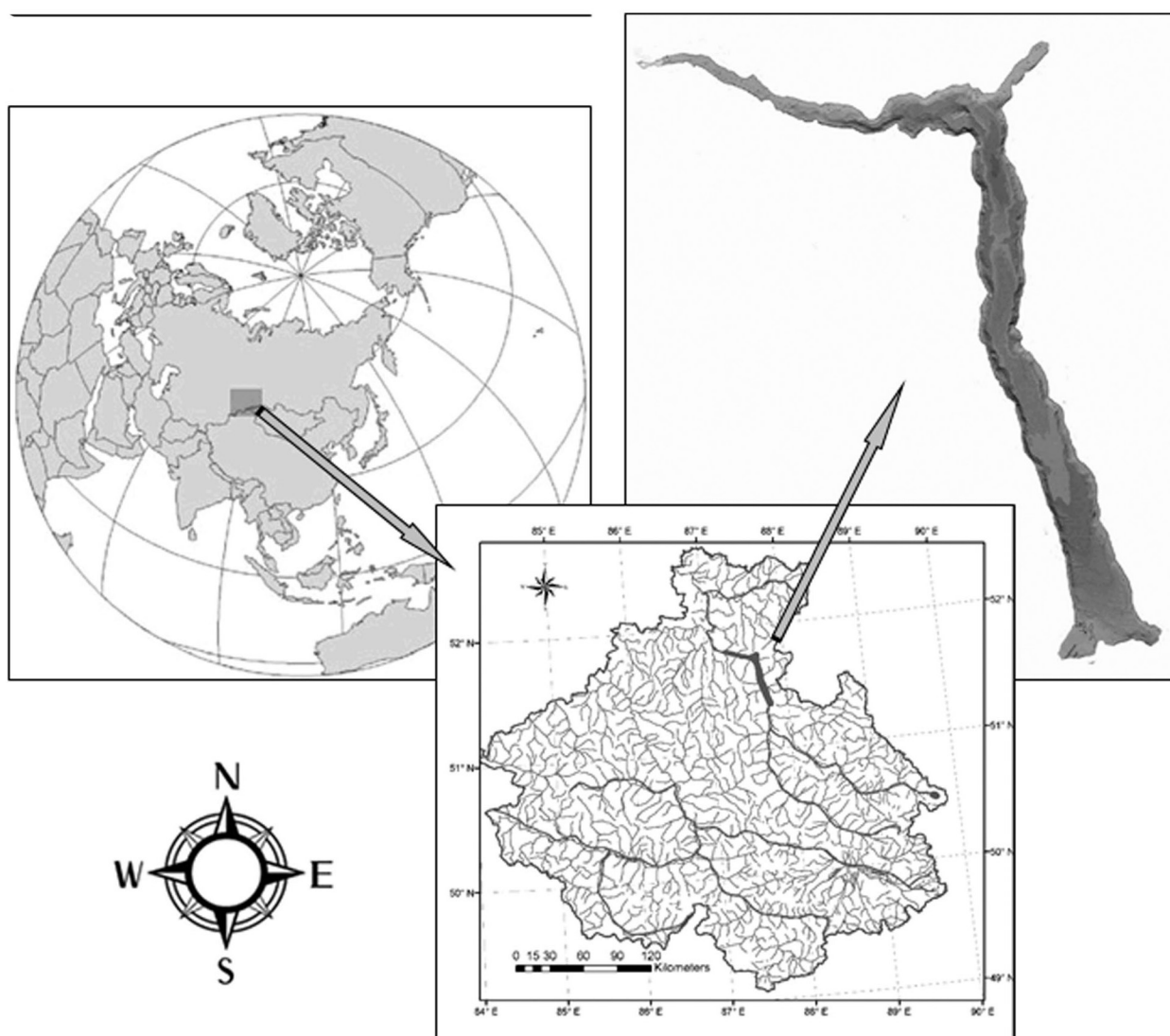


Рис. 1. Карта-схема Телецкого озера и его местоположения.

87°42'53" E), имеет вытянутую форму длиной 78 км и максимальной шириной 5,2 км. Котловина озера трапециевидной формы с максимальной глубиной 323,3 м (Selegei et al., 2001). По температурной классификации Фореля Телецкое относится к озерам умеренного типа, где отмечена смена прямой и обратной стратификации, разделенных состоянием весенней и осенней гомотермии. Озеро холодное, так как вся толща воды в течение семи месяцев охлаждена ниже 4 °С, а свыше пяти месяцев ниже 3 °С (Selegei, Selegei, 1978). Озеро олиготрофное – с низким содержанием биогенов. По данным гидрохимических наблюдений 2010–2012 гг., установлено, что содержание биогенных элементов группы азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) в воде озера невысоко и доминирующей формой азота являются нитрат-ионы, содержание которых лежит в пределах 0,66–1,86 мг/дм³, что указывает на протекание в озере интенсивных процессов нитрификации в условиях избыточного кислородного насыщения. Концентрации нитритного азота крайне низки. Ионы аммония занимают промежуточное положение между нитрат- и нитрит-ионами с невысокими концентрациями (0,022–0,098 мг/дм³), характерными для олиготрофных озер (Zinoviev et al., 2012).

Отличительной особенностью данного водоема является слабое развитие мелководных затишных участков. Площадь литорали с глубинами до 10 м составляет всего 7,8 % от площади дна озера (Yanugina et al., 2007). Кроме того, для озера характерен повышенный внешний водообмен, когда полная смена воды происходит раз в 5,81 лет (Selegei, 2009), на что может оказывать влияние как большая площадь водосборного бассейна, которая превосходит площадь зеркала озера в 91 раз, так и значительные абсолютные высоты территории водосбора, средняя высота которого составляет 1940 м над ур.м. (Selegei, Selegei, 1978).

Для анализа были привлечены пробы фитопланктона, отобранные в Телецком озере в разные гидрологические сезоны с 1989 по 2012 гг. Планктонные пробы отбирали батометром с разных глубин по всей акватории озера и в устьях основных притоков, обрабатывали общепринятыми гидробиологическими методами (Manual..., 1992). Для получения изображений *Ch. acuta* использовали световые микроскопы (СМ) Nikon Eclipse 80i (ИВЭП СО РАН) и Olympus BX 51 (АлтГУ, Лаборатория геосферно-биосферных процессов), а также сканирующий электронный

микроскоп (СЭМ) Hitachi S-3400 N (ИВЭП СО РАН). Для изучения с помощью СЭМ клетки промывали от фиксатора в дистиллированной воде с последующим центрифугированием, наносили каплю суспензии на «столики» для электронного микроскопирования, высушивали, а потом напыляли золото-палладиевой смесью и просматривали на СЭМ.

Результаты и их обсуждение

В Телецком озере преобладающие открытые пространства с короткими периодами стратификаций и продолжительными периодами перемешивания водной толщи, а также быстрая смена воды создают благоприятные условия для развития мелкоклеточных флагеллят, в том числе из криптофитовых водорослей. За период исследования с 1989 по 2012 гг. в фитопланктоне Телецкого озера из 337 выявленных видов водорослей было отмечено четыре вида криптофитовых из двух родов – *Chroomonas acuta* Uterm., *Cryptomonas gracilis* Skuja, *C. marssonii* Skuja, *C. ovata* Ehrh. и неопределенные до вида представители. По числу видов криптофитовые занимали седьмое ранговое место в спектре восьми отделов фитопланктона и относились к группам, небогатым по составу, но значимым по количеству за счет массового развития в отдельные сезоны года. Наиболее распространенным видом среди криптофитовых в фитопланктоне Телецкого озера является *Ch. acuta*.

Согласно современному таксономическому описанию *Ch. acuta* – Хроомонас острый – имеет веретеновидные или обратно-грушевидные клетки с широко кососрезанным, заметно вогнутым передним концом и косым изогнутым на брюшную сторону хвостовым придатком. Борозда и трихоцисты отсутствуют или имеется короткая борозда. Два жгута, 5–8 мкм длиной, отходят немного кзади от переднего края клетки. Один сине-зеленый, иногда темно-оливковый, более или менее лопастной хроматофор, близ которого один пиреноид (амфизома), расположенный выше середины клетки на спинной стороне. Ядро в задней части клетки. Длина клеток 7–10 мкм, ширина 3–5,5 мкм (Kiselev, 1954). В Телецком озере за период исследования экземпляры *Ch. acuta* были 9–12 мкм длиной и 6–7 мкм шириной (рис. 2). Несколько большие размеры клеток представителей данного вида, обнаруженных в Телецком озере, могут свидетельствовать как о благоприятных условиях для их развития в данном водоеме, так и, возможно, еще недо-

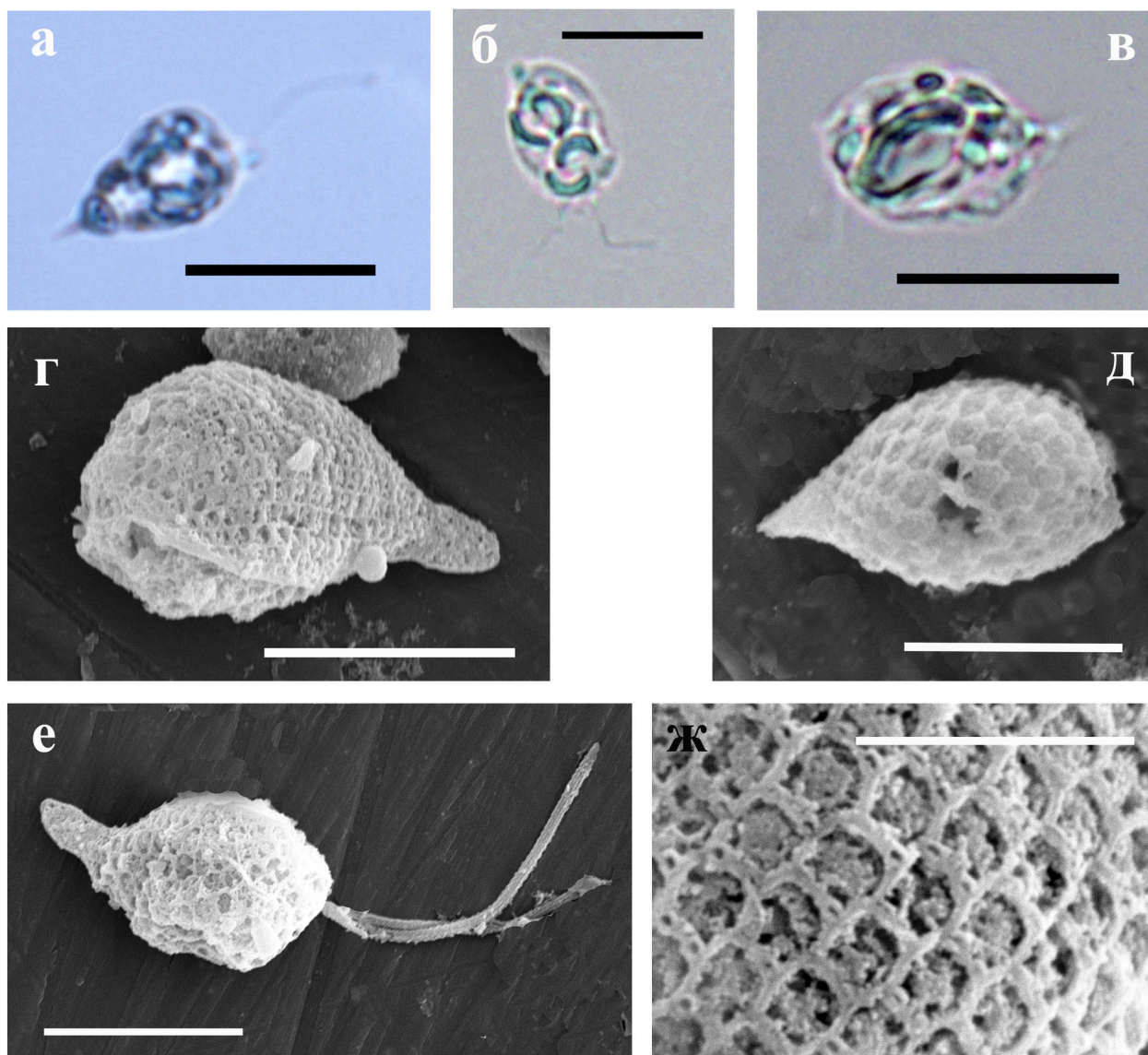


Рис. 2. *Chroomonas acuta* Uterm. в фитопланктоне Телецкого озера: а) СМ Nikon Eclipse 80i, масштаб 10 мкм; б)-в) СМ Olympus BX 51, масштаб 10 мкм; г)-ж) СЭМ Hitachi S-3400N, масштаб 5 мкм (г-е), 2 мкм (ж).

статочной изученности *Ch. acuta* в середине прошлого столетия, когда появились первые определители по этой группе. В современных сводках размеры клеток для *Ch. acuta* могут варьировать и в большем диапазоне. Так, для экземпляров *Ch. acuta* в фитопланктоне р. Род (River Rhode) и Чесапикского залива (Мериленд, США) были характерны размеры, сходные для телецких представителей – ширина 7,5 мкм, длина 12 мкм при объеме клеток до 283,74 мкм³ (Smithsonian Environmental ..., 2014).

При исследовании проб фитопланктона Телецкого озера с помощью СЭМ были получены изображения данного вида в объемном виде, на которых хорошо видна ячеистая структура поверхности его клеток (рис. 2ж). Вероятно, любые неровности и шероховатости на поверхно-

сти клеток планктонных организмов позволяют им увеличивать плавучесть и как можно дольше оставаться в толще воды. Некоторые экземпляры на изображениях были со жгутиками (рис. 2е), которые не всегда сохраняются при пробоподготовке для электронного микроскопирования.

Первоначально *Ch. acuta* находили в основном в прудах и озерах стран Европы – Германии, Швейцарии, Дании и Швеции, для водоемов бывшего СССР его не указывали (Kiselev, 1954). Впервые для водоемов России о нем упомянуто в работе И.А. Киселева (Kiselev, 1959), позже этот вид был отмечен для Братского водохранилища (Kozhova, 1970), а также рек Ангара, Онон, оз. Хубсугул, причем предполагалось, что в последнем этот вид был представлен особой хубсугульской вариацией (Kozhova et al., 1976). В оз. Хубсугул усло-

вия для развития этого вида благоприятны в течение всего года, так же, как и в некоторых Ангарских водохранилищах (Vorobyeva, 1995). *Ch. acuta* является постоянным компонентом фитопланктона Байкала, где он обилен в верхних слоях, постоянно вегетирует в летнем и осеннем фитопланктоне, вплоть до декабря, часто являясь доминантом (Atlas., 1995; Bondarenko et al, 1995; Bondarenko, Schure, 2008; Kozhova, 1970). Кроме того, отмечено появление *Ch. acuta* в водоемах и водотоках Европейской части России. Так, например, флагелляты, и *Ch. acuta* в том числе, получили широкое развитие в Волжском плёсе Рыбинского водохранилища (Slovyeva, Korneva, 2008), этот вид доминировал по численности в июльском фитопланктоне в р. Большая Коша (бассейн Верхней Волги) (Komissarov, 2009). Считают, что *Ch. acuta* относится к 34 биологическим видам с высокой степенью инвазивности, известных для Волго-Балтийского водного пути (Panov et al., 2007).

По мнению многих исследователей *Ch. acuta* имеет широкую валентность к экологическим факторам, в том числе и температуре. Поэтому случаи его обнаружения в водоемах различного типа и в разные периоды года нередки в последнее время. Так, в фитопланктоне р. Род (River Rhode) и Чесапикского залива (Мериленд, США) он обитал с апреля по ноябрь при температуре от 10,2 до 28,0 °С и солености воды от 4,0 до 15,0 ‰ (Smithsonian Environmental ..., 2014). В глубоком оз. Чемплэйн (Lake Champlain, USA-Canada) *Ch. acuta* был отмечен во всех пробах с мая по октябрь 1991 г. и с июня по октябрь 1992 г. (Shambaugh et al., 1999). В Телецком озере на развитие и распространение *Ch. acuta* температурный фактор, а озеро является холодноводным на протяжении большей части года, как оказалось, не оказывает существенного влияния. Крптофитовые могут развиваться в фитопланктоне озера в течение всего года, преобладать по численности в конце лета или даже на протяжении всего периода открытой воды. *Ch. acuta* определяет фон фитопланктона по численности ввиду его небольших размеров, в то время как наибольший вклад в биомассу вносят другие крптофитовые, с более крупными клетками. *Ch. acuta* встречается во все сезоны и практически на всех глубинах и является вторым по значимости после диатомовых в комплексе доминантов фитопланктона по численности. В отдельные годы отмечена тенденция смены в доминантном комплексе по численности мелкоклеточных центрических диатомей, преобладающих в весеннем фитоплан-

ктоне пелагиали, крптофитом *Ch. acuta* летом и вновь замены его диатомеями осенью. В другие годы *Ch. acuta* может преобладать по численности практически во весь период открытой воды (рис. 3). Максимальная численность *Ch. acuta* (поверхность) за весь период исследования отмечена в сентябре 1989 г. в литорали у п. Яйлю (на стыке широтной и меридиональной частей озера) – 361 тыс. кл./л, при этом доля этого вида в общей численности фитопланктона составила 82,2 %. Именно в этот год отмечены максимальные за весь период наблюдения значения численности и биомассы фитопланктона, поэтому абсолютные значения обилия *Ch. acuta* тоже были высоки. В последующие годы численность этого вида не достигала значительных величин, как и численность фитопланктона в целом.

Наличие в фитопланктоне Телецкого озера периодически доминирующих крптофитовых

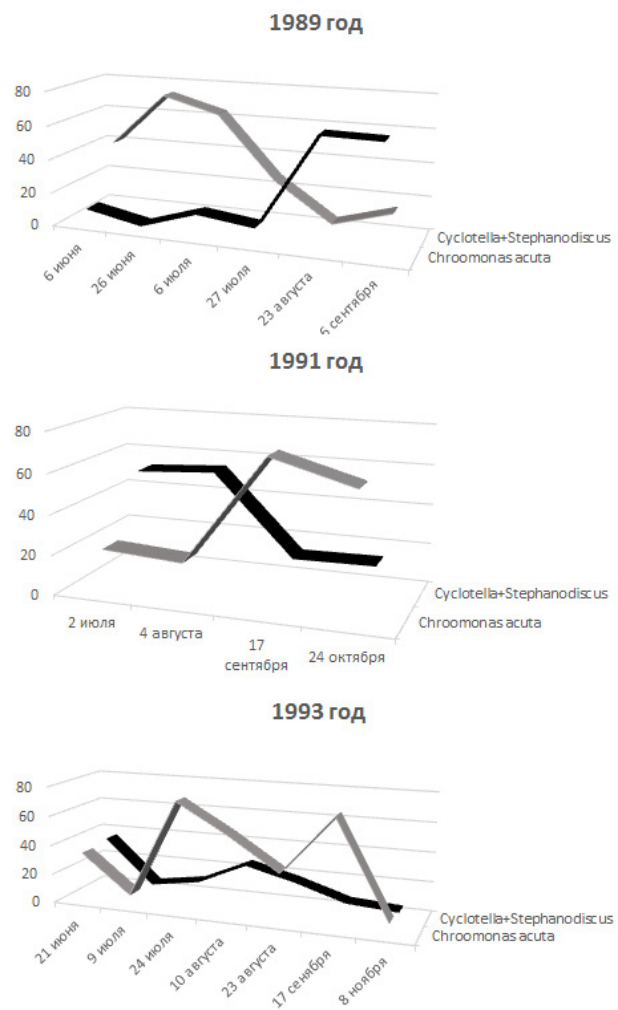


Рис. 3. Смена доминантов (*Chroomonas acuta* Uterm. и группа мелкоклеточных центрических диатомей рр. *Cyclorella* и *Stephanodiscus*) в фитопланктоне поверхностного слоя пелагиали Телецкого озера (ст. Яйлю) в разные годы; относительная численность, %.

водорослей, в большей степени *Ch. acuta*, делает его сходным с фитопланктоном крупных глубоких озер мира, пелагическая зона которых с длинным периодом глубокого перемешивания и коротким интервалом стратификации особенно способствует росту и развитию фитофлагеллят (Munawar, Munawar, 1978). Кроме того, наблюдается сходство с фитопланктоном антарктических пресноводных систем с постоянным или очень продолжительным периодом ледостава, где также развиты флагелляты (Laybourn-Parry et al., 1991). В таких водоемах именно *Ch. acuta* из криптофитовых вносит основной вклад в фитопланктон.

Известно, что *Ch. acuta* может встречаться в водоемах с различным уровнем трофии. Так, в бассейне Волги этот вид обитает во многих водных объектах, но в доминирующем комплексе замечен только в эвтрофном оз. Хотавец (Корнева, 2009). Встречается *Ch. acuta* и в малом эвтрофном карстовом оз. Юхор (Владимирская область), причем весной он определял структуру сообщества водорослей планктона (Gusev, 2009). В фитопланктоне разнотипных внутренних водоемов Валаамского архипелага и прилегающей акватории Ладожского озера *Ch. acuta* входил в число 11 общих видов (3 % от общего состава), характерных для всех участков данной водной системы (Voyakina, 2007), т. е. был очень распространенным видом в исследованных водоемах. При исследовании водоемов бассейна Волги Л.Г. Корнева (Korneva, 2009) отмечала, что биомасса криптонад уменьшалась по мере снижения pH и цветности воды. Границей ее резкого падения были величины pH = 6 и цветности 600 град. Частота встречаемости и биомасса криптонад в целом и *Ch. acuta* в том числе увеличивались при прозрачности <1 м. Для Телецкого озера характерна слабощелочная реакция воды. По многолетним данным (1961–1975 гг.) pH воды изменялась в пределах 6,00–7,80 (ст. Яйлю) (Selegei, Selegei, 1978). Вертикальное зондирование толщи воды показало незначительное изменение величины pH от поверхности до дна. Так, 26 сентября 1994 г. (ст. Яйлю, общая глубина 207 м) среднее значение pH для данной вертикали составило $7,77 \pm 0,002$, в придонном слое оно было незначительно больше (7,74), чем у поверхности (7,65). При зондировании верхнего 25-метрового слоя на этой же станции 26 августа 2013 г. среднее значение pH было $7,35 \pm 0,04$. Данные исследования показывают, что для развития криптонад в целом и *Ch. acuta* в том

числе, в Телецком озере условия вполне благоприятные по содержанию водородного иона. С другой стороны, высокая прозрачность воды в озере (максимальная до 15,5 м, Selegei, Selegei, 1978) не способствует такому развитию криптонад и *Ch. acuta*, которое бы обусловило их очень высокую биомассу. Кроме того, выявлено, что биомасса криптофитовых положительно зависит от концентрации общего ($N_{\text{общ}}$: $R = 0,69$, $F = 26,47$, $P < 0,00002$) и аммонийного (NH_4^+ : $R = 0,78$, $F = 46,55$, $P < 0,0000$) азота. Поэтому криптонады, способные к хроматической акклимации, предпочитают воды с более высокой продуктивностью, цветностью и низкой прозрачностью (Korneva, 2009). В Телецком озере концентрации биогенных элементов низки, что также не способствует развитию большой биомассы криптонад и *Ch. acuta* в том числе.

Отличительной особенностью криптонад и *Ch. acuta* является их развитие в зимний период ввиду способности к гетеротрофному питанию и, следовательно, развитию при ограниченном количестве света подо льдом. В Телецком озере, если устанавливается устойчивый ледостав со значительным слоем снега, *Ch. acuta* наряду с мелкими центрическими диатомеями получает преимущественное развитие в фитопланктоне, в основном в верхних горизонтах. Такое наблюдали в марте 2006 г. (рис. 4а). В то же время, при наличии прозрачного льда на озере в фитопланктоне наблюдается большее развитие цианобактерий при совсем незначительном вкладе криптофитовых водорослей, и *Ch. acuta* в том числе, в численность и биомассу, как это было отмечено в феврале–апреле 1997 г. (рис. 4б).

По вертикали, как и многие жгутиковые формы, *Ch. acuta* в Телецком озере в основном приурочен к фотическому слою, но встречается и в более глубоких горизонтах. Такая картина распределения криптофитовых водорослей отмечена как в период прямой стратификации (лето–начало осени), так и обратной (зима–начало весны), причем абсолютные значения численности *Ch. acuta* в разные гидрологические сезоны находятся примерно на одном уровне. Так, 30 июля 1996 г. в пелагиали у п. Яйлю численность *Ch. acuta* от поверхности до придонного горизонта изменялась от 44,4 до 0,6 тыс.кл./л при этом доля его в численности составила 58,6–1,08 %. В подледном фитопланктоне в марте 2006 г. на той же станции максимальная численность *Ch. acuta* была на глубине 5 м (34,7 тыс.кл./л), постепенно уменьшалась до дна, где составила 0,6 тыс.кл./л.

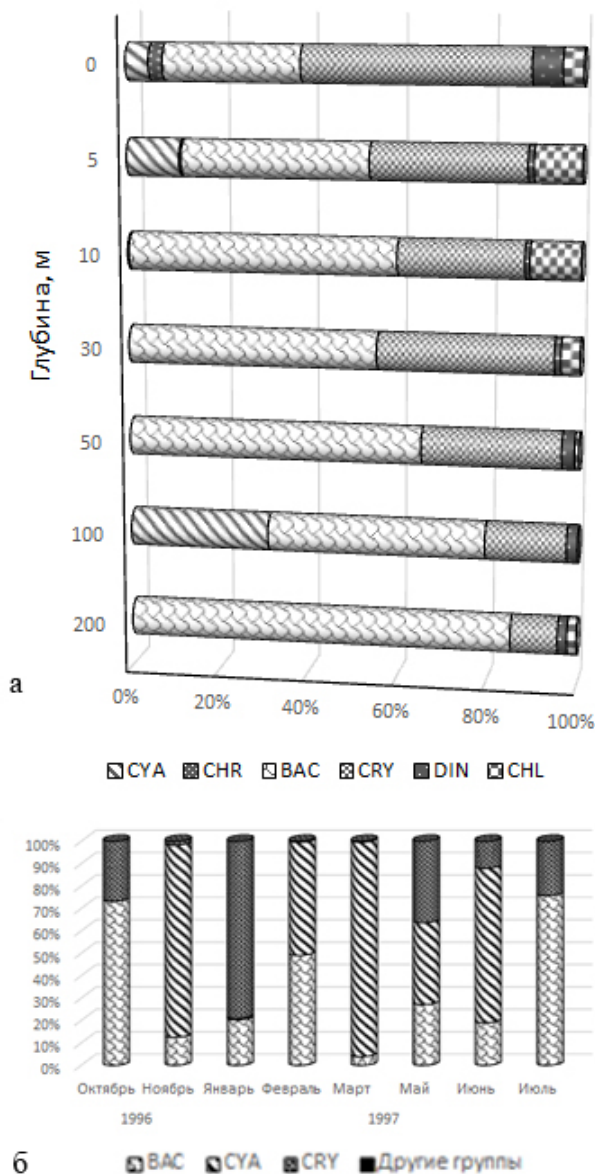


Рис. 4. Относительная численность основных отделов водорослей в зимнем фитопланктоне Телецкого озера (ст. Яйлю): а) 10 марта 2006 г., б) в октябре-ноябре 1996 и январе-июне 1997 гг. CYA – Cyanophyta (сине-зеленые, или цианопрокариоты), CHR – Chrysophyta (золотистые), BAC – Bacillariophyta (диатомовые), CRY – Cryptophyta (криптофитовые), DIN – Dinophyta (динофитовые), CHL – Chlorophyta (зеленые).

Доля *Ch. acuta* в общей численности фитопланктона при этом уменьшалась с глубиной от 34,7 до 10,4% (см. рис.4а).

По отношению к органическому загрязнению *Ch. acuta* относится к бетамезосапробным организмам, способным развиваться в водоемах с «достаточно чистой» и «слабозагрязненной» водой, когда индекс сапробности достигает 2,0 (Varinova et al., 2006). По данным многолетних

исследований (1989–1997 гг.), индекс сапробности в Телецком озере изменялся в пределах 0,20–2,33 и соответствовал изменениям от ксеносапробной зоны до бетамезосапробной. Значения индекса сапробности выше 2,00 встречались нечасто (10 раз за весь период наблюдений) на ограниченном числе станций. На протяжении года значения индекса сапробности существенных изменений не претерпевали, что можно проследить на примере 1996–1997 гг., когда в поверхностном горизонте озера интервалы изменений индекса сапробности, отмеченные весной (1,47–1,80, среднее $1,61 \pm 0,13$), летом (1,18–1,94, среднее $1,53 \pm 0,19$), осенью (1,39–1,94, среднее $1,41 \pm 0,25$) и зимой (0,80–1,98, среднее $1,61 \pm 0,38$) мало отличались друг от друга и лежали в пределах одной зоны. Такие невысокие значения индекса сапробности и высокое качество воды в озере во многом обусловлены преобладанием в составе фитопланктона озера бетамезосапробов и *Ch. acuta* в частности.

Заключение

Таким образом, при изучении *Ch. acuta* в фитопланктоне Телецкого озера получены оригинальные изображения, сделанные на световых и электронном микроскопах. Размеры клеток *Ch. acuta*, обитающего в данном водоеме, варьируют в пределах 9–12 мкм (длина) и 6–7 мкм (ширина). Данному виду отводится одна из ключевых позиций в численности фитопланктона. Он преобладает численно в отдельные периоды открытой воды и подо льдом (при наличии снежного покрова значительной толщины) ввиду общей способности криптофитовых водорослей к гетеротрофному питанию. Присутствие в планктоне озера бетамезосапробии *Ch. acuta* свидетельствуют о незначительном содержании органических веществ в воде и высоком качестве воды, а его невысокое количество развитие, как и всего фитопланктона в целом – низком уровне трофии данного водоема, который по соответствующей классификации относится к олиго- и даже ультраолиготрофным.

Благодарности

Автор признателен сотрудникам Лаборатории водной экологии (ИВЭП СО РАН) за помощь при отборе проб фитопланктона на протяжении всего периода исследования, проф. Яну Клерксу (Бельгия) и А.В. Дьяченко (ИВЭП СО РАН) за ретроспективные и современные данные по рН в воде Телецкого озера.

ЛИТЕРАТУРА

Atlas and Field Guide of Baikal pelagobionts / O.A. Timoshkin, G.F. Mazepova, N.G. Melnyk et al. (eds.). – Novosibirsk, 1995. – 694 p. [in Russian]. (Атлас и определитель пелагиобионтов Байкала. / Под ред. О.А. Тимошкина, Г.Ф. Мазеповой, Н.Г. Мельника и др. – Новосибирск, 1995. – 694 с.)

Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. Diversity of algal indicators in environmental assessment. – Tel-Aviv: Pilies Studio, 2006. – 498 p. [in Russian]. (**Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.** Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.)

Bondarenko N.A., Guselnikova N.E., Vorobyeva S.S. et al. Dynamics of planktonic algae and ciliates development in Lake Baikal // the 2ed Vereschagin Baikal international conference: Proceedings. – Irkutsk, 1995. – P. 28. [in Russian]. (**Бондаренко Н.А., Гусельникова Н.Е., Воробьева С.С.** и др. Динамика развития планктонных водорослей и инфузорий Байкала // Вторая Верещаг. Байкальск. междунар. конф.: Тез. докл. и стенд. сообщ. – Иркутск, 1995. – С. 28.)

Bondarenko N.A., Schure L.A. Cryptophyta in water bodies of East Siberia (Russia) // *Algology*, 2008. – Vol. 18, № 4. – P. 408–422. [in Russian]. (**Бондаренко Н.А., Шур Л.А.** Cryptophyta водоемов и водотоков восточной Сибири (Россия) // *Альгология*. 2008. – Т. 18. № 4. – С. 408–422.)

Gervais F. Diel vertical migration of *Cryptomonas* and *Chromatium* in the deep chlorophyll maximum of a eutrophic lake // *J. Plankton Res.*, 1997. – Vol. 19. – P. 533–550.

Gusev E.S. Vertical distribution of phytoplankton in small karst lakes of Central Russia // *Algae: problems of taxonomy, ecology and use in monitoring* [Vodorosli: problemy taksonomii, jekologii i ispol'zovaniya v monitoringe]: Proceedings of the 2ed Russian conference. – Syktyvkar, 2009. – P. 68–70. [in Russian]. (**Гусев Е.С.** Вертикальное распределение фитопланктона в небольших карстовых озерах Центральной России // *Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использования в мониторинге*: Мат. II Всеросс. конф. – Сыктывкар, 2009. – С. 68–70.)

Hammer A, Schumann R, Schubert H. Light and temperature acclimation of *Rhodomonas salina* (Cryptophyceae): photosynthetic performance // *Aquat. Microb. Ecol.*, 2002. – Vol. 29. – P. 287–296.

Javornický P., Hindák F. *Cryptomonas frigoris* spec. nova (Cryptophyceae), the new cyst-forming flagellate from the snow of the High Tatras // *Biologia*, 1970. – Ser. A. 25. – P. 241–250.

Kiselev I.A. Phytoplankton of ponds of Rybtsovo-shemayny nursery // *The Bull. of the Zoological Institute AS USSR* [Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR], 1959. – Vol. 26. – P. 220–249. [in Russian]. (**Киселев И.А.** Фитопланктон прудов Рыбцово-шемайного питомника // *Тр. Зоол. ин-та АН СССР*, 1959. – Т. 26. – С. 220–249.)

Kiselev I.A. Pyrrophytes algae [Pirofitovye vodorosli]. – Moscow, 1954. – 212 p. [in Russian]. (**Киселев И.А.** Пирофитовые водоросли. – М., 1954. – 212 с.)

Klaveness D. Ecology of the Cryptomonadida: A First Review. Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. – Cambridge, 1988. – P. 105–133.

Komissarov A.B. Comparative characteristics of phytoplankton in river-tributaries of the Upper Volga // *Algae: problems of taxonomy, ecology and use in monitoring* [Vodorosli: problemy taksonomii, jekologii i ispol'zovaniya v monitoringe]: Proceedings of the 2ed Russian conference. – Syktyvkar, 2009. – P. 84–87. [in Russian]. (**Комиссаров А.Б.** Сравнительная характеристика фитопланктона рек-притоков Верхней Волги // *Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использования в мониторинге*: Мат. II Всеросс. конф. – Сыктывкар, 2009. – С. 84–87.)

Korneva L.G. Formation of phytoplankton in reservoirs of the Volga basin under environmental and anthropogenic impact [Formirovanie fitoplanktona vodoemov bassejna Volgi pod vlijaniem prirodnyh i antropogennyh faktorov]. PhD thesis. S-Petersburg, 2009. – 47 p. [in Russian]. (**Корнева Л.Г.** Формирование фитопланктона водоемов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов. Автореф. дисс... на соиск. уч. степ. докт. биол. наук. – СПб, 2009. – 47 с.)

Kozhova O.M. Formation of phytoplankton in Bratsk reservoir // Formation of natural conditions and living environment in Bratsk reservoir [Formirovanie prirodnyh uslovij i zhizni Bratskogo vodohranilishha]. – Moscow, 1970. – P. 26–171. [in Russian]. (**Кожова О.М.** Формирование фитопланктона Братского водохранилища // Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. – М., 1970. – С. 26–171.)

Kozhova O.M., Zagorenko G.F., Kobanova G.I. Representative of genus *Chroomonas* Hansg. in Lake Baikal and other water bodies of Asia // *New materials on fauna and flora of Lake Baikal* [Novye materialy po faune i flore Bajkala]. – Irkutsk, 1976. – P. 58–63. [in Russian]. (**Кожова О.М., Загоренко Г.Ф., Кобанова Г.И.** Представитель рода *Chroomonas* Hansg. в Байкале и других водоемах Азии // *Новые материалы по фауне и флоре Байкала*. – Иркутск, 1976. – С. 58–63.)

Laybourn-Parry J., Marchant H.J., Brown P. The plankton of a large oligotrophic freshwater Antarctic lake // *J. of Plankton Res.*, 1991. – Vol. 13, No. 6. – P. 1137–1149.

Manual on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems [Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh jekosistem] / V.A. Abakumov (ed.). – St.-Petersburg, 1992. – 318 p. [in Russian]. (Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В.А. Абакумов (ред.). – СПб, 1992. – 318 с.)

- Munawar M., Munawar I.** Phytoplankton Lake Superior 1973 // J. Great Lakes Res., 1978. – No. 4. – P. 415–442.
- Panov V.E., Dgebuadze Yu.Yu., Shiganova T.A., Filippov A.A., Minchin D.** A risk assessment of biological invasions in the inland waterways of Europe: the Northern Invasion Corridor case study // Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats invading nature – Springer Series in Invasion Ecology, 2007. – Vol. 2. – P. 639–656.
- Selegei V.V.** Lake Teletskoye: History essays. Book I [Teleckoe ozero. Ocherki istorii. Kn. 1.]. – Novosibirsk, 2009. – 119 p. [in Russian] (**Селегей В.В.** Телецкое озеро. Очерки истории. Кн. 1. – Новосибирск, 2009. – 119 с.)
- Selegei V.V., Selegei T.S.** Lake Teletskoye [Teleckoe ozero]. – Leningrad, 1978. – 142 p. [in Russian]. (**Селегей В.В., Селегей Т.С.** Телецкое озеро. – Л., 1978. – 142 с.)
- Selegei, V., Dehandschutter B., Klerks J., Vysotsky A.** Physical and geological environment of Lake Teletskoye // Annales Sciences Geologiques, 2001. – Vol.105. – P. 1–310.
- Shambaugh A., Duchovnay A., Mcintosh A.** A Survey of Lake Champlain's Plankton // Lake Champlain in Transition: from research toward restoration water science and application, 1999. – Vol. 1. – P. 23–340.
- Smithsonian Environmental Research Center, Phytoplankton Guide to the Chesapeake Bay and other regions, http://www.serc.si.edu/labs/phytoplankton/guide/other_phyla/chrooacu.aspx 24.10.14
- Solovyeva V.V., Korneva L.G.** Phytoplankton structure and water quality in Rybinskoye and Gorkovskoye reservoirs // Current issues of ecology in Yaroslavl oblast [Aktual'nye problemy jekologii Jaroslavskoj oblasti]: Proceedings of the 4th scientific-practical conference. Is. 4, Vol. 1. – Yaroslavl, 2008. – P. 208–212. [in Russian]. (**Соловьева В.В., Корнева Л.Г.** Структура фитопланктона и качество воды Рыбинского и Горьковского водохранилищ // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: Мат. Четвёртой науч.-практич. конференции. – Ярославль, 2008. – Вып. 4. Том 1. – С. 208–212.)
- Vorobyeva S.S.** Phytoplankton in water bodies of Angara River [Phytoplankton of Angara River water bodies]. – Novosibirsk, 1995. – 126 p. [in Russian]. (**Воробьева С.С.** Фитопланктон водоемов Ангары. – Новосибирск, 1995. – 126 с.)
- Voyakina E.Yu.** Phytoplankton of inland water bodies of Valaam Archipelago and adjacent waters of Lake Ladoga [Fitoplankton vnutrennih vodoemov Valaamskogo arhipelaga i privilegajushhej akvatorii Ladozhskogo ozera]. PhD thesis. – St.-Petersburg, 2007. – 22 p. [in Russian]. (**Воякина Е.Ю.** Фитопланктон внутренних водоемов Валаамского архипелага и прилегающей акватории Ладожского озера. Автореф. дисс... на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. СПб, 2007. – 22 с.)
- Yanygina L.V., Koveshnikov M.I., Krylova E.N., Marusin K.V.** Spatial distribution of zoobenthos in Lake Teletskoye // Lake ecosystems: biological processes, anthropogenic transformation, and water quality [Ozernye jekosistemy: biologicheskie processy, antropogennaja transformacija, kachestvo vody]. – Minsk, 2007. – P. 274. [in Russian]. (**Яныгина Л.В., Ковешников М.И., Крылова Е.Н., Марусин К.В.** Пространственное распределение зообентоса Телецкого озера // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. – Минск, 2007. – С. 274.)
- Zinoviev A.T., Mitrofanova E.Yu., Tretyakova E.I., Marusin K.B., Dyachenko A.V., Blinov V.V., Gnatovsky R.Yu., Granin N.G.** Lake Teletskoye integrated study: thermal regime, hydrochemical and hydrobiological characteristics // Aquatic and ecological problems of Siberia and Central Asia [Vodnye i jekologicheskie problemy Sibiri i Central'noj Azii]: Proceedings of Russian scientific conference with international participation dedicated to the 25th anniversary of IWEP SB RAS. – Barnaul, 2012. – Vol. 1. – P. 43–47. [in Russian]. (**Зиновьев А.Т., Митрофанова Е.Ю., Третьякова Е.И., Марусин К.В., Дьяченко А.В., Блинов В.В., Гранин Н.Г., Гнатовский Р.Ю.** Комплексные исследования Телецкого озера: термический режим, гидрохимические и гидробиологические характеристики // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 25-летию юбилею ИВЭП СО РАН. – Барнаул, 2012. – Т. 1. – С. 43–47.)