УДК 582(26)

Памяти О.М. Кожовой посвящается

ФИТОПЛАНКТОН БАЙКАЛА В ПЕРИОД ПОЗДНЕГО ЛЕТА

© 2006 Г.И. Кобанова, Л.Р. Изместьева, Л.С. Кращук

НИИ биологии при Иркутском государственном университете, г. Иркутск

Представлены систематический список планктонных водорослей и их количественные характеристики за август-сентябрь 1981-1998 гг., выявленные в результате обработки проб фитопланктона кругобайкальских экспедиций. Список планктонных водорослей пополнен новыми для озера видами. Дополнительно в эти же месяцы исследовали состав фитопланктона в Южном Байкале в 2003-2004 гг. Для некоторых видов отдела Cyanophyta и Chrysophyta, диагнозы которых не соответствуют имеющимся, даны оригинальные фотографии и морфологические характеристики. Таксон из рода S*pirulina* описан как новый на уровне разновидности.

Введение

В настоящее время возрастающий антропогенный пресс на природу ведет к исчезновению эндемичных и внедрению инородных организмов в водные экосистемы. Глубочайшее и древнейшее озеро планеты Байкал не является исключением в этом отношении. Локальные изменения происходят и в его биоценозах, в том числе и в растительных сообществах. Одним из показателей стабильности экосистемы является альгофлора. Однако нельзя сказать, что планктонные водоросли Байкала изучены исчерпывающе. Об этом свидетельствует регистрация новых эндемиков в последние годы. Сложно составить представление и об особенностях видов, когда для их характеристики приводятся диагнозы и рисунки, подготовленные по другим водоемам. В этом случае списки видов, сопровождаемые оригинальными иллюстрациями, более информативны. Цель работы – определить основной комплекс планктонных водорослей и их роль в фитопланктоне в период, захватывающий наибольший прогрев воды с последующим ее осенним охлаждением, на основе оригинальных данных за разные годы.

Материалы и методы

Фитопланктон исследовали по всей акватории озера в августе-сентябре 1981-1998 гг. Стандартные станции находились в открытой части – в пелагиали и прибрежных районах, удаленных от берега на 1,5-2 км, исключая соры и заливы (рис.1). Пробы отбирали батометром Молчанова из верхнего десятиметрового слоя воды, фиксировали раствором Утермеля. Всего отобрано и обработано около 1500 проб фитопланктона. При камеральной обработке выявляли основные планктонные виды и их количество. Уточнение состава истинно планктонных видов проводила Г.И. Кобанова по живым и фиксированным материалам из Южного Байкала с помощью методов световой микроскопии (микроскоп DAS фирмы Leica, модель DM LB). С использованием методов электронной микроскопии (СЭМ) была уточнена таксономия видов рода *Stephanodiscus* Ehr. по пробам, отобранным на стационарной пелагической станции напротив пос. Бол. Коты.

Результаты и обсуждение

Всего в результате проведенных исследований выявлено 173 вида или 182 таксона водорослей рангом ниже рода. Наибольшим разнообразием характеризуется отдел Bacillariophyta (64 таксона) благодаря присутствию в толще воды бентосных представителей. Безусловно, разнообразие бентосных диатомей значительно шире, чем мы указываем, но в пелагическом планктоне они встре-

Рис. 1. Схема расположения станций
в кругобайкальских комплексных экспедициях НИИ биологии

чаются, как правило, в виде пустых панцирей и створок, т.е. не продуцируют, и специальные работы по установлению их таксономического разнообразия мы не проводили. Из истинно планктонных диатомовых водорослей зарегистрирован 31 таксон (табл.). Довольно высокое разнообразие характерно для Chlorophyta (49); Chrysophyta и Cyanobacteria (=Cyanophyta, в настоящее время предлагается термин Cyanoprocaryota) близки по количеству зарегистрированных таксонов (29 и 27 соответственно). Отделы Cryptophyta (8) и Dinophyta (4) характеризуются невысоким разнообразием, а из Euglenophyta встречен только один вид. Кроме того, в список видов включена группа Flagellata. Она объединяет монадные (жгутиковые) организмы, как фотосинтезирующие, так и бесцветные, которые практически не поддаются определению в фиксированном состоянии. Представители

этой группы относятся в основном к Chrysophyta. Во время камеральной обработки проб не всегда удается разделить их на бесцветные формы и содержащие хлоропласты из-за окрашивания клеток йодным фиксатором. Большинство этих жгутиковых организмов имеют очень маленькие размеры, диаметр их клеток чаще ограничивается 2-6 мкм. Они характеризуются морфологическим разнообразием и высокой общей численностью (до нескольких млн кл. $л^{-1}$).

Из эндемичных водорослей встречено шесть видов, почти все они принадлежат диатомовым водорослям (см. табл.). Из них в летне-осенний период в число массовых входит диатомовая *Cyclotella minuta* и пикопланктонная цианобактерия *Synechocystis limnetica*. Таксономический список найденных видов с указанием авторов приведен в сводной таблице. Для их идентификации использованы отечественные и зарубежные определители, а также монографии [1–16]. В таблице водоросли расположены в порядке их значимости в общей численности фитопланктона. На передний план каждой таксономической группы вынесены наиболее массовые таксоны, входящие в доминантный комплекс.

Двадцать семь таксонов водорослей рангом ниже рода являются новыми для Байкала (отмечены звездочкой). Ниже мы приводим описание наиболее интересных, на наш взгляд, представителей. Почти все они найдены во время специального флористического исследования проб из района пос. Бол. Коты. Из них некоторые растительные организмы не соответствуют известным диагнозам, и они могут оказаться эндемичными. Возможно, к таковым относится цианобактерия из рода *Spirulina* Turpin. Эта цианобактерия содержит хлорофилл. Мы дополнительно исследовали ее в живом состоянии с применением флуоресцентного фильтра и получили красное свечение. По размерным характеристикам она относится к пикопланктону. Очевидно, ее можно описать как новую разновидность (рис. 2).

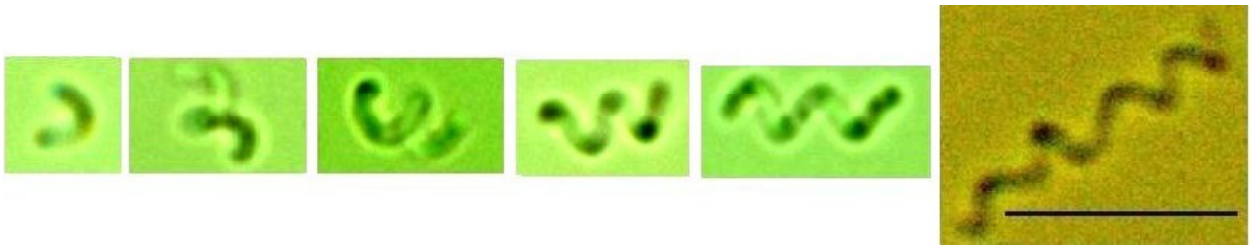

Рис. 2. *Spirulina minima* var. *baikalija*, разные трихомы.
Масштабная линейка соответствует 10 мкм на всех рисунках

Spirulina minima var. *baicalia* Kobanova. Trichomata solitaria, pallide aeruginea, 0,9-1,1 мм lata, 1,5-14,5 мм longa, spiralia, content ad 5 flexuras spirales. Diam. flexuare 2,1-3,3 мм, intervallum inter flexuras 3-3,9 мм. In cellulis granula magna adsunt solitariae vel binae.

Трихомы одиночные, бледно сине-зеленые 0,9-1,1 мкм ширина, 1,5-14,5 мкм дл., спирально закрученные, содержат до пяти оборотов. Диаметр оборота спирали 2,1-3,3 мкм, расстояние между оборотами 3-3,9 мкм. В клетках имеются крупные гранулы по одной или две рядом. Разновидность отличается от типовой формы – *Spirulina minima* A. Wurtz размерами трихома. Его диаметр и ширина витка почти в два раза меньше, чем у вида [3: 1953:462, рис. 250,1].

Водоросль хранится в коллекции НИИ биологии при Иркутском госуниверситете (г. Иркутск).

Местообитание: Южная котловина озера Байкал, Сибирь, Россия, 51° 42′ N, 105° 00′ E. Поздним летом эта водоросль встречается единично, но в феврале-марте достигает значительного развития.

Остановимся на нитчатой цианобактерии, которая по морфологическим признакам ближе всего роду *Aulosira* Kirchn. В живом мате-

риале она не встречалась и неясно, содержит ли хлорофилл. Хотя световая микроскопия не дает возможности представить полное описание этой цианобактерии, мы считаем, что она может быть хорошим индикатором экологических условий в водоеме, и регистрируем ее на возможном уровне. До сих пор в Байкале из представителей рода *Aulosira* отмечались два вида. Данные о них можно найти в нескольких работах. В. Н. Яснитский [19] обнаружил в Байкале *Aulosira implexa* Bornet et Flah., К.И. Мейер [20] – *A. laxa* Kirchn. В работах других авторов [3, 21] цитируются сведения об этих находках.

Обнаруженная нами *Aulosira* sp. (рис. 3-4) отличается от представителей рода очень узкими трихомами. Ее нити одиночные. Они разной длины – от коротких (10-14 мкм) до очень длинных (300-450 мкм), с диаметром менее 2 мкм, симметричные, прямые, слабо извилистые или согнутые. Влагалища прочные, гомогенные, заключают по одному трихому, снаружи покрыты толстой слизистой оберткой. Встречаются трихомы, выходящие из влагалища, а иногда и без него. Клетки почти квадратные, слабо перешнурованные 0,6-0,7 мкм шириной и 0,7-1,4 мкм длиной. Границы клеток в световом микроскопе обычно не видны. Гетероцисты округлые 0,7 мкм в диаметре, интеркалярные, располагаются по две рядом. Вероятно, по парным гетероцистам происходит разрыв нити, после чего они становятся апикальными.

В летне-осенний период эта цианобактерия встречается очень редко. Однако наши данные, полученные в результате обработки проб фитопланктона кругобайкальской июльской экспедиции 2003 г., показывают, что она распространена по всей акватории озера, а в районе Селенгинского мелководья достигает максимальной плотности и составляет основу фитопланктона при низком его разнообразии. Возможно, *Aulosira* sp. является показателем вод, испытывающих влияние промышленных стоков, а в настоящее время происходит ее внедрение в планктонное сообщество озера.

В Южном Байкале в сентябре обнаружены интересные домики, которые, скорее всего, принадлежат виду рода *Pseudokephyrion* Pasch. emend. Schmid. (Chrysophyta). Мы регистрируем их как вид *Pseudokephyrion* sp. (рис. 5). Домики высокие, бокаловидные, сверху суженные в виде усеченного конуса, сзади широкоокруглые, 6,5-6,8 мкм длиной, 4,2-4,5 мкм шириной. Стенки домика прозрачные, тонкие, а в нижней части и особенно в передней утолщенные, вероятно, за счет их орнаментации тонкоструктурными выростами. По форме они очень близки к домикам *Pseudokephyrion entzii* Conr. [4:134, рис. 38, 12], но отличаются от них меньшими размерами, отсутствием шейки, наличием «утолщений».

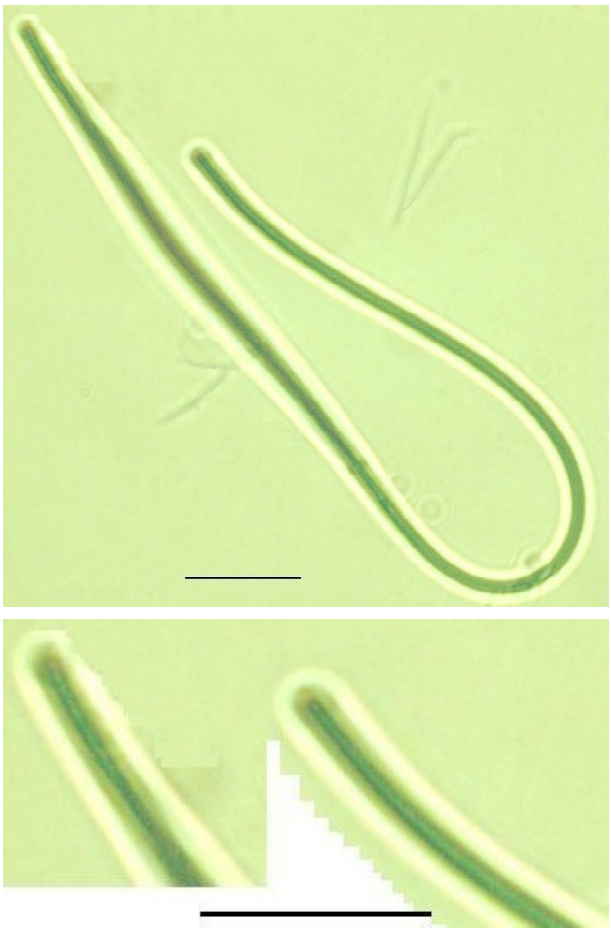

Рис. 3-4. *Aulosira* sp.: 3 - jбщий вид нити, домики эпифитных организмов прикреплены к нити; 4 - Концы нити (большее увеличение), видны границы клеток

Из отдела Chrysophyta в фитопланктоне Байкала в качестве массового вида отмечается мелкоклеточная жгутиковая водоросль *Chrysidalis* sp. [22]. Нежные клетки этой во-

Рис. 5. *Pseudokephyrion* sp. Пустой домик

Рис. 6-7. *Chrysochromulina parva*. Клетки имеют два жгута и спирально завернутую гаптонему: 6 - вид спереди; 7 - вид сверху

доросли при фиксации деформируются и обычно теряют жгуты, их внешний облик близок *Chrysidalis peritaphrena* Schiller. – единственному в роде и недостаточно описанному виду с клетками 10-13 мкм в диаметре [11], однако клеток с такими крупными размерами мы не встречали. Этот вид мы приводим и в настоящем систематическом списке, однако его наличие в Байкале требует подтверждения. Это вызвано тем, что у ряда клеток, прежде относимых к *Chrysidalis* sp., мы обнаружили дополнительный жгутоподобный органоид – гаптонему (рис. 6-7). Как известно, гаптонема характерна для видов другого рода – *Chrysochromulina* Lackey. Приводим описание особей, у которых была найдена гаптонема. Клетки сдавлены в спинно-брюшном направлении, 3,6-5,5 мкм длиной, 3,6-5,5 мкм толщиной и 2,7-3,2 мкм шириной. Длина жгутов 9-14 мкм. По размерам и форме найденные водоросли почти полностью соответствуют *Chrysochromulina parva* (длина клетки 3-7, ширина 3-7, толщина 2,5-5 мкм) [11], с которой мы их отождествили, но отличительным признаком является длина гаптонемы. Наряду с экземплярами, имеющими длинную гаптонему, такую как у *Chrysochromulina parva*, встречаются особи с более короткой гаптонемой – около 40 мкм. Возможно, что в Байкале обитает несколько видов этого рода, что можно подтвердить с применением методов электронной микроскопии.

Из Cryptophyta мы указываем *Rhodomonas pusilla* (Bachm.) Javorn. В водоемах Байкало-ангарского каскада его впервые обнаружила О.М. Кожова в Братском водохранилище и определила как *Chroomonas acuta* [23]. Эти два вида практически идентичны и различаются в основном по окраске хлоропластов. У фиксированных раствором Утермеля *Rhodomonas pusilla* они сине-зеленые, как у *Chroomonas*. Т.М. Михеева во время просмотра фотографий байкальского фитопланктона высказала мнение о тождественности этого вида *Rhodomonas pusilla*. Нам удалось подтвердить правильность ее мнения. Живые особи из Байкала и Иркутского водохранилища имеют золотисто-желтые хлоропласты, что характерно для рода *Rhodomonas*. *Rhodomonas pusilla* обитает в водохранилищах и озерах разного трофического типа, в том числе альпийских.

Довольно разнообразны в открытом Байкале зеленые водоросли. Они также представлены мелкоклеточными видами. Наибольшего количественного обилия достигают виды родов Monoraphidium Komar.-Legner, Dictyosphaerium Nag., Scenedesmus Meyen, и преобладают они у восточного берега.

Динофитовые водоросли в позднелетний период характеризуются малым видовым разнообразием и невысоким количественным развитием. Из четырех зарегистрированных видов лишь два бесцветных представителя с гетеротрофным типом питания – Gymnodinium coeruleum и Glenodinium sp. достигают заметной численности. Их максимальная плотность отмечалась в прибрежных участках озера. Виды, содержащие хлоропласты, в этот период малочисленны. Из них встречается

Ceratium hirundinella, его количество не превышает нескольких тыс. кл. $л^{-1}$. В виде случайных находок на пелагической станции напротив пос. Бол. Коты зарегистрирован не отмечавшийся в Байкале ранее Glenodinium gymnodinium Penard. Интересно, что осенью совсем не встречается Gymnodinium baicalense Ant., который вызывает «цветение» воды весной, когда начинается таяние льда на Байкале.

В количественном отношении позднелетний фитопланктон довольно богат. Его общая численность достигает нескольких млн. кл. $л^{-1}$. Основу численности слагают мелкоклеточные монадные организмы отделов Cryptophyta и Chrysophyta – Rhodomonas pusilla, Chrysidalis sp. + Chrysochromulina parva. К Chrysophyta относятся и трудно идентифицируемые мелкие жгутиковые организмы, объединенные нами в группу Flagellata. Из бесцветных жгутиковых Bodo saltans встречается наиболее часто. Кроме того, к типичным представителям этого периода относится Dinobryon sociale, Cyclotella minuta, мелкие одноклеточные диатомовые рода Stephanodiscus (в таблице для этих видов приводится общая численность), Nitzschia acicularis, виды рода Aulacoseira (A. granulata и вид, соответствующий на световой микроскопии A. distans var. alpigena), которые могут достигать высокой численности. Виды рода Anabaena входят в состав доминантов в годы с теплым летом. Например, в 1987 г. в Южном Байкале A. lemmermannii вызывала «цветение» воды. Высоких значений может достигать Anabaena flos-aquae. В некоторых районах заметны виды рода Cryptomonas Ehr.

В массовом количестве в летне-осенний период вегетируют пикопланктонные водоросли. К ним мы относим как одноклеточные, так и колониальные организмы, у кото

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1954, 1955, 1959.
2. *Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С.* Диатомовые водоросли. Вып. 4. М.: Сов. наука, 1951.
3. *Голлербах М.М., Коссинская Е.К., Полянский В.И.* Синезеленые водоросли. Вып. 2. М.: Сов. наука, 1953.
4. *Матвиенко А.М.* Золотистые водоросли. Вып. 3. М.: Сов. наука, 1954.
5. *Скабичевский А.П.* Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М., 1960.
6. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. Київ: Наук. думка, 1953, 1965, 1968, 1979, 1984, 1986.
7. *Сафонова Т.А.* Эвгленовые водоросли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1987.
8. *Андреева В.М.* Род *Chlorella*. Л.: Наука,1975.
9. *Топачевский А.В., Масюк Н.П.* Пресноводные водоросли УССР. Киев: Вища школа, 1984.
10. *Царенко П.М.* Краткий определитель хлорококковых водорослей УССР. Киев: Наук. думка, 1990.
11. *Starmach K.* Chrysophyta 1. Warszawa: Wyd. Nauk., 1968.
12. *Hindák F., Komárek J., Marvan P., Ruzicka J.*, Kľúčna určovanie výtrusných rastlin. Bratislava: Riasy-Bratislava, SPN, 1975.
13. *Hindák F.* Studies on the Chlorococcal algae (Chlorophyceae). IV // Biol. Prace Sav. 1988. V. 34, № 1-2.
14. *Поповская Г.И., Генкал С.И., Лихошвай Е.В.* Диатомовые водоросли планктона озера Байкал. Новосибирск: Наука, 2002.
15. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Subwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart; N. Y.: Fischer, 1986.
16. *Михеева Т.М.* Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. Минск: БГУ, 1999.
17. *Flower R.J.* A taxonomic re-evaluation of endemic *Cyclotella* taxa in Lake Baikal, Siberia // Nova Hedvigia Beih. 1993. V. 106
18. *Загоренко Г.Ф., Кобанова Г.И.* О представителе рода Koliella (Ulothrichaceae) из озера Байкал // Бот. журн. 1982. Т. 67, № 6.
19. *Яснитский В. Н.* Материалы к познанию планктона озера Байкал // Тр. Иркут. о-ва естествоиспыт. 1923. Т. 1, вып.1.
20. *Мейер К.И.* Введение во флору водорослей оз. Байкала // Бюл. МОИП, Отд. биол. 1930. Т. 39, вып. 3-4.
21. *Бондаренко Н.А.* Список планктонных водорослей Байкала (включая его заливы, соры) // Атлас и определитель пелагобионтов Байкала с краткими очерками по их экологии. Новосибирск: Наука, 1995.
22. *Изместьева Л.Р., Кожова О.М.* Долгосрочное прогнозирование состояния экосистем. Новосибирск: Наука, 1988.
23. *Кожова О.М.* Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища. М.: Наука, 1970.
24. *Кожова О.М., Кобанова Г.И.* Новые данные о составе планктонной флоры Байкала // Сиб. экол. журн. 1998. Т. 5, № 2.
25. *Komárek J., Anagnostidis K.* Suβwasserflora von Mitteleuropa begr. von A.Pascher. Hrsg.von H. Ettle. Stuttgart, Lubeck: Gustav Fischer Verlag Jena, 1999.
26. *Hindák F., Zagorenko G.F.* Contribution to the knowledge of the species composition of summer phytoplankton of Lake Hövsgöl, Mongolia // Folia Geobot. Phytotax. Praha.1992. V. 27.
27. *Кожова О.М., Кобанова Г.И., Изместьева Л.Р.* Летний фитопланктон озера Хубсугул (Монголия) // Гидробиол. журн. 1997. Т. 33, № 3.

PHYTOPLANKTON OF THE LAKE BAIKAL DURING LATE SUMMER

© 2006 G.I. Kobanova, L.R. Izmest'eva, L.S. Kraschuk
Scientific Research Institute of Biology at Irkutsk State University, Irkutsk

Systematic list of plankton algae and their quantitative characteristics for August–September 1981–1998 studied during circum–baikalian expeditions samples processing are presented. The list of plankton algae is completed with the new species for lake. Additionally the composition of phytoplankton during the same months in 2003–2004 was studied. Diagnosis for some species of divisions Cyanophyta and Chrysophyta do not correspond to existing ones. Original morphological characteristics for these species are described, photos are presented. Taxon from genus *Spirulina* described as new at the level of variation.