

УДК 574.21

Н. А. Бондаренко, Н. Ф. Логачева

**СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ФИТОПЛАНКТОНЕ
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ¹**

Проведена оценка видового состава и количественных характеристик прибрежного фитопланктона озера Байкал по материалам 2000—2015 гг. Показано, что численность мелкоклеточных видов р. *Chlamydomonas*, в том числе *Ch. komata*, в последние годы резко возросла (максимальная до 7 млн. кл/дм³). В 1975—1990 гг. эти водоросли в составе планктона не регистрировались, единичные экземпляры были найдены в начале 2000-х гг. В заметном количестве (от 4 до 7 тыс. кл/дм³) встречались и другие показатели органического загрязнения воды — эвгленовые, которые в прошлом также отмечались единично. На станциях, прилегающих к населенным пунктам, особенно в районе пос. Култук, г. Слюдянка, Байкальск, Северобайкальск и др., были обильны донные нитчатые водоросли р. *Spirogyra*. Здесь же в весенний период 2013 г. отсутствовали (или были представлены единичными экземплярами) водоросли «байкальского комплекса»: считавшиеся эндемиками озера *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Sim., *Cyclotella baicalensis* Skv., *Stephanodiscus meyeri* Genkal et Popovsk., а также спорообразующая форма *A. islandica* (O. M. Il.) Sim. Структурные изменения в фитопланктоне и доминирование мелкоклеточных видов свидетельствует об евтрофировании прибрежной зоны озера.

Ключевые слова: фитопланктон, структурные изменения, мелкоклеточные жгутиковые, хламидомонадовые, эвгленовые, оз. Байкал.

Изменения структуры и продукционных характеристик альгоценозов являются надежными и информативными показателями состояния водоемов. Преимуществами автотрофов, в сравнении с другими организмами, являются короткий жизненный цикл и способность быстро реагировать на изменения условий окружающей среды. В отличие от пелагического, прибрежному фитопланктону Байкала было уделено меньше внимания, его характеристики приведены в ряде работ [1, 5, 6, 17, 18].

Зона литорали занимает около 7% общей акватории Байкала [24], но процессы, протекающие здесь, оказывают влияние на жизнь всего озера, так как побережье является границей между наземными, почвенными и водными

¹ Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта Сибирского отделения РАН № VI.51.1.10 «Современное состояние, биоразнообразие и экология прибрежной зоны озера Байкал». Авторы благодарны д.б.н. Н. М. Минеевой за полезные советы в ходе подготовки рукописи.

© Н. А. Бондаренко, Н. Ф. Логачева, 2016

ми биотопами. Особенностью мелководной зоны являются пять четко выраженных поясов донных макроводорослей, большинство из которых эндемики Байкала [9, 12]. В последние годы произошли изменения в структуре доминирующих видов макроводорослей: наряду с типичными обитателями стали в массе развиваться ранее несвойственные Байкалу виды рода *Spirogyra* Link. [10, 21]. Как считают авторы, массовое развитие спирогиры приурочено к местам повышенной концентрации биогенных элементов, в частности обусловленной сбросом недостаточно очищенных сточных вод, а населенные пункты, располагающиеся в прибрежной зоне оз. Байкал, как правило, не имеют централизованной системы их очистки. Также в несколько раз выросло количество частных гостиниц и, как следствие, туристов, поэтому было предположено, что массовая вегетация чужеродных макроводорослей обусловлена прогрессирующей евтрофикацией [10, 21]. Однако, как следует из гидрохимических исследований, резких изменений в биогенной нагрузке по сравнению с 1950-ми и 1960-ми годами не отмечено [8, 22]. В прибрежных водах озера и в 100 м от уреза содержание фосфатного фосфора невысоко — 1—6 мкг/дм³ и только в воде зал. Лиственничный оно повышено (до 10,5 мкг P/дм³) [10, 22].

Целью работы был анализ современного состояния прибрежного фитопланктона оз. Байкал.

Материал и методика исследований. Исследования структуры и количественных параметров планктонных альгоценозов проведены в бух. Большие Коты (четыре станции), зал. Лиственничном (три станции), у истока р. Ангара в районе пос. Култук (две станции), у пос. Турка, у городов Слюдянка, Байкальск и Северобайкальск. Фоновыми служили станции, расположенные в прибрежной зоне, не прилегающей к населенным пунктам, например, на полигоне Березовый и у м. Елохин, и в пелагиали озера. Анализ проведен по материалам 2000—2015 гг. Для сравнения использованы опубликованные данные предшествующих лет [5, 6].

Пробы фитопланктона отбирали в ледовый и период открытой воды у уреза и в 100 м от берега, фиксировали раствором Люголя. В лаборатории пробы концентрировали методом седиментации, просматривали в двойной повторности в камере объемом 0,1 мл в световом микроскопе Peraval при увеличении $\times 720$ и $\times 1200$. Биомассу водорослей определяли с учетом индивидуальных объемов их клеток [13].

Географическое распространение видов (арктоальпийские, бореальные и космополиты или широко распространенные) приводится по данным использованных определителей.

Результаты исследований и их обсуждение

Таксономический состав. В планктоне прибрежья Байкала обнаружено 103 вида и разновидности водорослей, относящихся к 54 родам, 37 семействам, 22 порядкам, 15 классам и 7 отделам. Ведущее положение занимали диатомовые водоросли — 40 видов (39 % общего числа). На втором месте зеленые (17 видов и одна разновидность) и синезеленые — 13 таксонов рангом

1. Биогеографическая характеристика планктонных водорослей прибрежной зоны оз. Байкал

Отделы	Количество видов в прибрежье оз. Байкал				
	к	б	а-а	р	э
Cyanophyta	12	—	—	1	—
Euglenophyta	4	—	—	—	—
Cryptophyta	7	—	—	—	—
Dinophyta	5	—	—	1	1
Chrysophyta	9	5	—	—	1
Bacillariophyta*	32	3	1	4	—
Chlorophyta	17	—	—	—	—
Общее количество	86	8	1	6	2

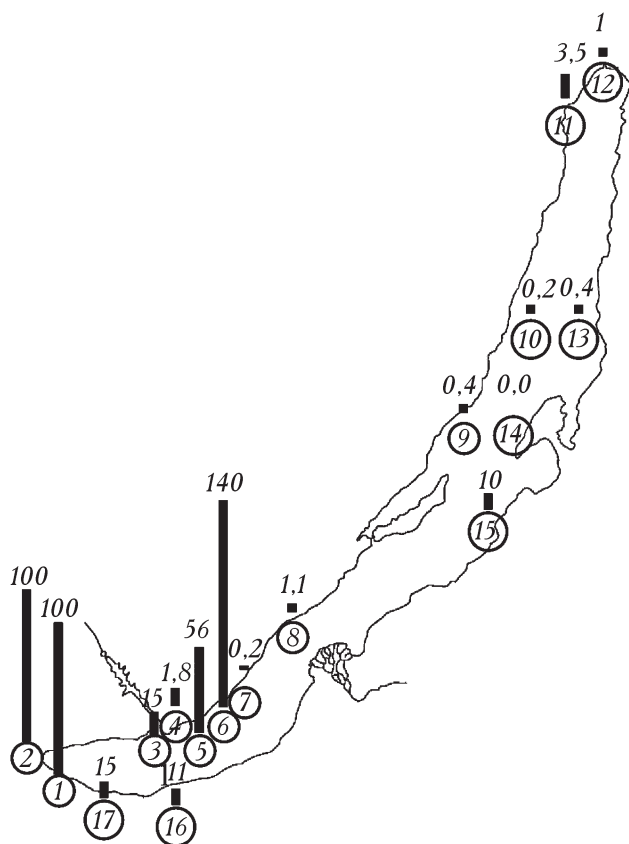
Примечание. к — широко распространенные виды; б — бореальные; а-а — арктоальпийские; р — реликты; э — эндемики. * Без учета бентосных форм, выносимых в планктон турбулентными потоками со дна.

ниже рода, что составляет более 12% общего количества. Наиболее богаты видами были роды *Dinobryon* Ehrenberg (Chrysophyta) и *Cryptomonas* Ehrenberg (Cryptophyta), по шесть в каждом. Водоросли р. *Dinobryon* — показатели олиготрофных условий, предпочитающие водоемы с минимальным содержанием минерального фосфора, типичные для глубоких северных озер. Представители р. *Cryptomonas* — обитатели планктона разнотипных водоемов: от озер до сточных прудов, их присутствие указывает повышенное содержание органических веществ гумусовой природы.

Биогеоанализ. Планктонные водоросли мелководной зоны Байкала представлены преимущественно видами с широким географическим распространением (табл. 1), их более 80%. Присутствуют два эндемичных вида и шесть реликтов.

Структурные изменения. Анализ структуры прибрежного фитопланктона в современный период и предыдущее десятилетие (1990—2000 гг.) показал, что в начале 2000-х годов в незначительном количестве был зафиксирован новый для озера представитель р. *Chlamydomonas* [5]. Позже он был определен как *Ch. komma* Skuja [2]. Это мелкоклеточная жгутиковая водоросль, источник появления которой неизвестен: ни в одном из исследованных прибрежных байкальских озер он ранее не найден [4].

Изучение пространственного распределения водоросли по акватории озера показало, что максимальная концентрация (100—140 тыс. кл/дм³) приурочена к прибрежным станциям, расположенным вблизи населенных пунктов в южной котловине озера (рис. 1): у пос. Култук и г. Слюдянки — 100 тыс. кл/дм³, в зал. Лиственничном — 23 тыс. кл/дм³, бух. Большие Коты — от 56 до 140 тыс. кл/дм³. В северной и средней котловинах эти значения



1. Распределение численности видов р. *Chlamydomonas* по акватории оз. Байкал, июнь 2013 г.: 1 — г. Слюдянка; 2 — пос. Култук; 3 — зал. Лиственничный; 4 — мыс Березовый; 5—7 — бух. Большие Коты (падь Черная, стационар, падь Сенная); 8 — бух. Песчаная; 9 — мыс Рытый; 10 — мыс Елохин; 11 — бух. Заречная; 12 — г. Северобайкальск; 13 — пос. Давша; 14 — о. Большой Ушканий; 15 — пос. Турка; 16 — пос. Танхой; 17 — г. Байкальск.

значительно меньше (от 1 до 10 тыс. кл/дм³). В последние годы численность видов р. *Chlamydomonas* в некоторых районах побережья южной котловины Байкала резко увеличилась (рис. 2).

Анализ сезонной динамики численности видов р. *Chlamydomonas* показал, что в 2012—2013 гг. высокие показатели приходились на июль — август (рис. 3), а в 2015 г. наибольшие были зарегистрированы в подледный период в бух. Большие Коты (от 1 до 7 млн. кл/дм³).

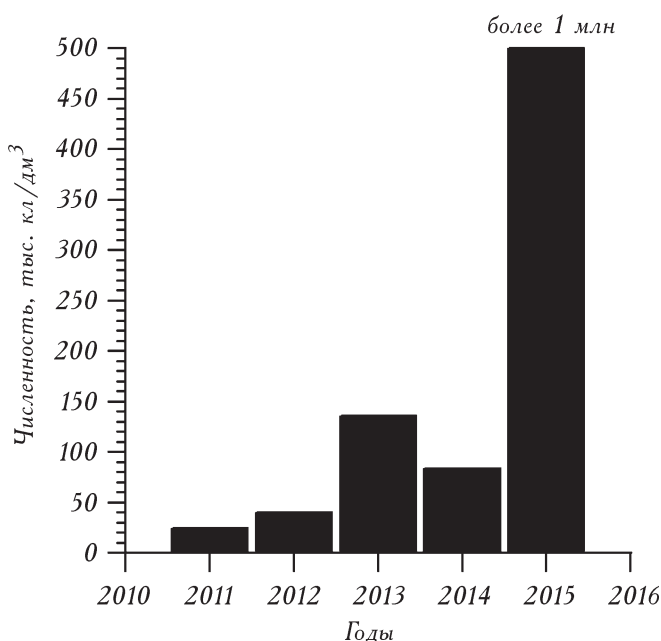
В подледный период 2015 г. в побережье озера в заметном количестве (от 4 до 7 тыс. кл/дм³) встречались и другие показатели загрязнения воды органическими веществами — эвгленовые, которые раньше регистрировались в составе планктона единично.

Идентифицировано четыре вида: *Euglena proxima* Dang., *E. viridis* Ehr., *E. gracilis* Klebs и *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein emend Defl. Ранее два первых для Байкала не приводились.

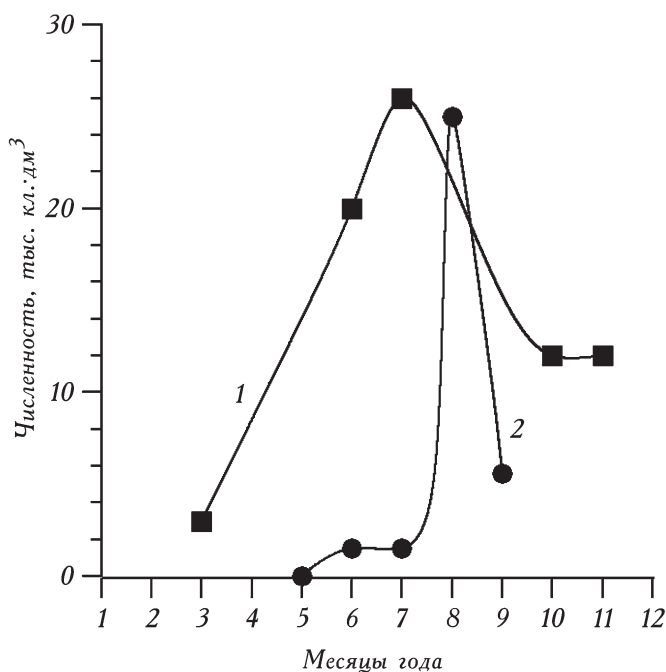
В весенний период 2013 г. в фитопланктоне прибрежных районов, прилегающих к ряду населенных пунктов, отсутствовали (или были представлены единичными экземплярами) водоросли «байкальского комплекса»: считавшиеся эндемиками озера *Aulacoseira baicalensis*, *Cyclotella baicalensis*, *Stephanodiscus meyeri*, а также спорообразующая форма *A. islandica*. Однако в пелагиали озера их общая численность достигала 100 тыс. кл/дм³, биомасса ~ 1 мг/дм³. Кроме того, в планктоне станций, прилегающих к населенным пунктам, особенно в районе пос. Култук, городов Слюдянка и Байкальск, были обильны нитчатые донные водоросли р. *Spirogyra*.

Существенно снизилась биомасса фитопланктона в годы интенсивного развития весенних видов водорослей, так называемые урожайные годы. Максимальная — 2,5 мг/дм³ была зафиксирована в прибрежье в 2002 г., хотя ранее более высокие значения (4 мг/дм³) были отмечены даже в пелагиали озера [18]. Если средняя биомасса весеннего фитопланктона пелагиали в урожайные годы в 1964—1984 гг. в слое 0—25 м была равна 2155 ± 696 мг/м³ [20], в 1990—2010 гг. лишь 1351 ± 385 мг/м³ ($p < 0,01$), т. е. снизилась почти в 1,6 раза.

Кроме перечисленных изменений следует отметить интенсивное развитие в течение последних лет (2007—2015 гг.) диатомеи *Synedra acus* subsp. *radians* (Kütz.) Skabitchevsky по всей акватории озера. В прошлом столетии эта водоросль доминировала в подледном фитопланктоне Байкала с определенным ритмом: была обильна в год массовой вегетации видов р. *Aulacoseira* Thw. и следующий за ним [1]. Усиление роли *S. acus* subsp. *radians* было отмечено в период перестройки



2. Межгодовая динамика численности видов р. *Chlamydomonas* в бух. Большие Коты (четыре станции).



3. Сезонная динамика численности видов р. *Chlamydomonas* в 2012 г. в зал. Лиственничном (1) и бух. Большие Коты (2).

прибрежных ценозов после пуска Иркутской ГЭС (с 1958 г.) [1]. Позже был сделан вывод [18] о существенных изменениях в фитопланктоне Байкала, проявившихся в снижении роли типичного представителя планктона *Aulacoseira baicalensis* и усилении роли других диатомовых (*S. acus* subsp. *radians* и *Nitzschia acicularis* (современное название *N. graciliformis*)). Доминирование *N. graciliformis* связывалось с увеличением биогенной нагрузки на озеро вследствие как естественных причин (увеличение водности притоков после сильных наводнений), так и антропогенных (увеличение сельскохозяйственных площадей и количества вносимых удобрений) факторов [4]. После 1995 г. *N. graciliformis* в составе планктона интенсивно не развивалась, но сейчас ее численность вновь увеличивается, особенно в Северном Байкале.

Индикаторные виды водорослей обладают высокой чувствительностью к изменениям условий окружающей среды, а их присутствие позволяет судить об экологическом состоянии водоемов и оценивать качество воды. Согласно литературным данным, *Ch. komma* обитает в разнотипных водоемах от севера Европы до Китая [29] и является олигосапробионтом [3]. Тем не менее, появление несвойственных озеру хламидомонадовых водорослей в планктоне заслуживает особого внимания, так как это свидетельствует об увеличении содержания в воде легкодоступных органических веществ. Они обычны в местах сброса сточных вод [7]. Эвгленовые водоросли, которые, как и виды р. *Chlamydomonas*, являются показателями органического загрязнения водных экосистем, предпочитают водоемы с низкой минерализацией воды и повышенным содержанием гуминовых веществ [19].

На современном этапе сложно четко определить характер изменений в биотопах побережья оз. Байкал. Поскольку изменения, как в планктонных, так и в донных сообществах, в большей степени проявляются в прибрежье, в местах, прилегающих к населенным пунктам, то на первый взгляд просматривается влияние локальных (антропогенных) факторов. Их действие распространяется на небольшие акватории (от нескольких десятков до сотен метров от источника постоянного загрязнения) и формирует мелкомасштабную гетерогенность условий среды и биотопов [14]. В прибрежной зоне Байкала у крупных населенных пунктов произошла трансформация биотопов вследствие берегового строительства, рекреационной нагрузки и сбросов недостаточно очищенных сточных вод. Локальное проявление евтрофирования произошло и в других крупных озерах мира, например, Онежском [15, 25], Мичигане [31], Гуроне [27], Эри и Онтарио [30].

Изменения в Байкале предполагают не только локальный, но и больший масштаб — регионального воздействия. К факторам регионального масштаба следует отнести объем и качество речного стока [14]. В Байкальском регионе это изменение качества воды основного притока озера — р. Селенги [20]. Нельзя не учитывать и воздействие глобальных факторов, к которым относятся климатические изменения [14, 23, 30 и др.]. Влияние колебаний климата прослеживается в современный период и на Байкале, где после 2011—2012 гг. температура поверхности воды на большей части акватории стала возрастать, а продолжительность ледостава сократилась [26]. В связи с этим снизилась численность «байкальского комплекса» водорослей, для интенсивной вегетации которого нужен рано наступающий и длительный пе-

риод ледостава, так как часть их жизненного цикла проходит в интерстициальной ледовой воде [30]. Как будет эволюционировать экосистема озера в будущем на данном этапе прогнозировать трудно, но, как считают некоторые авторы [16], экосистемы большинства глубоких озер (Ладожского, Онежского, Верхнего), несмотря на отсутствие заметного увеличения антропогенной нагрузки по фосфору, перешли к аллохтонному гетеротрофному пути эволюции.

Заключение

Планктонная альгофлора прибрежья Байкала, ранее типичная для холодноводных ультраолиготрофных водоемов Северного полушария, в начале нынешнего века претерпела существенные изменения. Структурные перестройки в планктоне и доминирование видов, имеющих более мелкие размеры, свидетельствует об евтрофировании прибрежной зоны озера. Известно, что в условиях евтрофирования упрощается структура сообществ, доминирование переходит к видам, имеющим более мелкие размеры особей, что приводит к уменьшению средней массы организмов планктона. В Байкале это проявилось, в первую очередь, в снижении биомассы подледного и весеннего фитопланктона.

**

Проведено оцінку видового складу та кількісних характеристик прибережного фітопланктону оз. Байкал за матеріалами 2000—2015 рр. Виявлено, що чисельність дрібноклітинних видів р. Chlamydomonas, у тому числі Ch. komma, в останні роки різко зростає (максимально до 7 млн. кл/дм³). Раніше (1975—1990 рр.) ці водорості у складі планктону не реєструвалися, в одиничних кількостях були знайдені на початку 2000-х рр. У помітній кількості (від 4 до 7 тис. кл/дм³) зустрічалися й інші показники органічного забруднення води — евгленові. У минулому вони також відзначалися у складі планктону одинично. На станціях, прилеглих до населених пунктів, особливо в районі с. Култук, міст Слюдянка, Байкальськ, Северобайкальськ та ін., були рясні донні нитчасті водорості р. Spirogyra. Тут же у весняний період 2013 р. відсутні (або були представлені одиничними екземплярами) водорості «байкальського комплексу»: ті, що вважалися ендеміками озера, Aulacoseira baicalensis (K. Meyer) Sim., Cyclotella baicalensis Skv., Stephanodiscus meyeri Genkal et Popovsk., а також споротворююча форма A. islandica, хоча вони були присутні у фонових районах. Структурні зміни у фітопланктоні і домінування дрібноклітинних видів свідчить про евтрофування прибережної зони озера.

**

Species composition and quantitative characteristics of Lake Baikal shallow phytoplankton were assessed by the field data collected in 2000—2015. Numbers of small-cell species of the gen. Chlamydomonas Ehrenberg, including Ch. komma, has been found to sharply increase over last years up to 7 million cells/dm³. Earlier, 1975 to 1990, these algae did not occur in plankton, their insignificant amounts appeared only in 2000ies. In significant numbers, 4 to 7 thousand cells/dm³ were found euglenophytes, another indicators of organic pollution. Earlier they were also present in the Baikal plankton in negligible numbers. Benthic filamentous algae of the gen. Spirogyra Link were abundant in sites close to the settlements Kultuk, Sludyanka, Baikalsk, Severobaikalsk etc. At the same locations in spring 2013 algae of the «Baikal complex», namely Aulacoseira baicalensis (K. Meyer) Sim., earlier regarded as Baikal endemic, Cyclotella baicalensis Skv., Stephanodiscus meyeri Genkal et

Popovsk., and spore-forming A. islandica were absent (or in negligible amounts), but they vegetated in open areas of Lake Baikal. These structural changes in phytoplankton and dominance of the small-cell species testify to eutrophication of the Lake Baikal shallow areas.

**

1. Антипова Н.Л. Межгодовые изменения в фитопланктоне Байкала в районе Больших Котов за период 1960—1970 гг. // Продуктивность Байкала и антропогенные изменения его природы. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1974. — С. 75—84.
2. Байкаловедение / Отв. ред. О. Т. Русинек. — Новосибирск: Наука, 2012. — Кн. 2. — 1114 с.
3. Баринова С.С., Мегведева Л.А. Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей — индикаторов окружающей среды. — Тель-Авив, 2006. — 498 с.
4. Бондаренко Н.А. Экология и таксономическое разнообразие планктонных водорослей в озерах горных областей Восточной Сибири: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — Борок, 2009. — 46 с.
5. Бондаренко Н.А., Логачева Н.Ф. Фитопланктон открытого побережья озера Байкал // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. — Новосибирск: Наука, 2009. — Т. II. — С. 785—798.
6. Бондаренко Н.А., Белых О.И., Логачева Н.Ф. и др. Микроводоросли прибрежной зоны озера Байкал // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. — 2012. — № 3. — С. 88—102.
7. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник. — Киев: Наук. думка, 1989. — 605 с.
8. Голобокова Л.П., Сакирко М.В., Онищук Н.А. и др. Гидрохимическая характеристика вод литорали северо-западного участка Южного Байкала // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. — Новосибирск: Наука, 2009. — Т. II. — С. 760—784.
9. Ижболдина Л.А. Атлас и определитель водорослей бентоса и перифитона озера Байкал (мейо- и макрофиты) с краткими очерками по их экологии. — Новосибирск: Наука-центр, 2007. — 248 с.
10. Кравцова А.С., Ижболдина Л.А., Ханаев И.В. и др. Нарушение вертикальной зональности зеленых водорослей в прибрежной части залива Лиственничного озера Байкал // ДАН. — 2012. — Т. 447, № 2. — С. 227—229.
11. Кожова О.М., Измestьева Л.Р., Святенко Г.А. Динамика численности фитопланктона в районе г. Байкальска // Экологические исследования Байкала и байкальского региона. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. — Ч. I. — С. 119—137.
12. Мейер К.И. Введение во флору водорослей оз. Байкал // Бюлл. МОИП. — 1930. — Т. 39, № 3—4. — С. 179—392.
13. Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Бот. журн. — 1970. — Т. 55, № 10. — С. 1488—1494.
14. Миничева Г.Г., Тучковенко Ю.С., Большаков В.Н. и др. Реакция альгосообществ северо-западной части Черного моря на локальные, региональные и глобальные факторы // Альгология. — 2013. — Т. 23, № 1. — С. 19—36.

15. *Онежское озеро*. Атлас / Отв. ред. Н.Н. Филатов. — Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2010. — 151 с.
16. *Петрова Н.А., Петрова Т.Н., Сусарева О.М., Иофина И.В.* Особенности эволюции экосистемы Ладожского озера под влиянием антропогенного евтрофирования // *Вод. ресурсы*. — 2010. — Т. 37, № 5. — С. 580—589.
17. *Помазкина Г.В., Бельх О.И., Домышева В.М. и др.* Структура и динамика фитопланктона в Южном Байкале в 2005—2007 гг. // *Альгология*. — 2010. — Т. 20, № 1. — С. 56—72.
18. *Поповская Г.И.* Фитопланктон Байкала и его многолетние изменения (1958—1990 гг.): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — Новосибирск, 1991. — 32 с.
19. *Сафонова Т.А.* Эвгленовые водоросли Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1987. — 192 с.
20. *Сорокичкова Л.М., Поповская Г.И., Томберг И.В. и др.* Качество воды р. Селенга на границе с Монголией в начале XXI в. // *Метеорология и гидрология*. — 2013. — № 2. — С. 93—103.
21. *Тимошкин О.А., Бондаренко Н.А., Волкова Е.А. и др.* Массовое развитие зеленых нитчатых водорослей родов *Spirogyra* Link и *Stigeoclonium* Kütz. (Chlorophyta) в прибрежной зоне Южного Байкала // *Гидробиол. журн.* — 2014. — Т. 50, № 5. — С. 15—26.
22. *Томберг И.В., Сакирко М.В., Домышева В.М. и др.* Первые сведения о химическом составе интерстициальных вод заплесковой зоны озера Байкал // *Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология*. — 2012. — № 3. — С. 64—74.
23. *Федотов А.П., Воробьева С.С., Бондаренко Н.А. и др.* Влияние природных и антропогенных факторов на развитие удаленных озер Восточной Сибири за последние 200 лет // *Геология и геофизика*. — 2016. — Т. 57, № 2. — С. 394—410.
24. *Фиалков В.А.* Течения прибрежной зоны озера Байкал. — Новосибирск, 1983. — 192 с.
25. *Чекрыжева Т.А.* Изменения в структуре летнего фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера в процессе антропогенного евтрофирования // *Тр. Карел. науч. центра РАН. Сер. Био-география*. — 2008. — Вып. 12. — С. 156—163.
26. *Шимараев М.Н., Синюкович В.Н., Сизова Л.Н. и др.* Изменение ледово-термического и водного режима озера Байкал в 1950—2014 гг. // *Тез. докл. VI Верещагинской байкальской конф., Иркутск, 7—12 сент. 2015 г.* — Иркутск, 2015. — С. 34.
27. *Bierman V.J., Kaur J., DePinto J.V. et al.* Modeling the role of Zebra mussels in the proliferation of blue-green algae in Saginaw Bay, Lake Huron // *J. Great Lakes Res.* — 2005. — Vol. 31. — P. 32—55.
28. *Bondarenko N.A., Timoshkin O.A., Roepstorf P., Melnik N.G.* The under-ice and bottom periods in the life cycle of *Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Simonsen, a principal Lake Baikal alga // *Hydrobiologia*. — 2006. — N 568, Suppl. 1. — P. 107—109.

29. *Guiry M.D., Guiry G.M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2016. <http://www.algaebase.org>.
30. *Hampton S.E., Izmet'eva L.R., Moore M.V. et al.* Sixty years of environmental change in the world's largest freshwater lake — Lake Baikal, Siberia // *Global Change Biol.* — 2008. — Vol. 14 — P. 1947—1958.
31. *Kerfoot W.C., Budd J.W., Green S.A. et al.* Doughnut in the desert: late-winter production pulse in southern Lake Michigan // *Limnol. Oceanogr.* — 2008. — Vol. 53, N 2. — P. 589—604.
32. *Monitoring Harmful Algal Blooms* // *Great Lakes Research Review.* — Great Lakes Research Consortium, 2006. — Vol. 7. — 34 p. <Http://www.esf.edu/glrc/documents/GLRR06.pdf>.

Лимнологический институт СО РАН,
Иркутск, РФ

Поступила 21.09.16