

УДК 574.583

ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ МЕЛКОВОДЬЯ СЕВЕРНОГО БАЙКАЛА ВО ВРЕМЯ ЦВЕТЕНИЯ ВОДЫ ИЗ-ЗА ОБИЛИЯ ЗЕЛЕННЫХ НИТЧАТЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ *SPIROGYRA* SPP. (CHLOROPHYTA, ZYGNEMATOPHYCEAE) В 2013–2014 ГГ.

Н.Г. Шевелева¹, О.А. Тимошкин², Е.А. Мишарина³

Дана оценка сезонных изменений видовой структуры и количественных показателей зоопланктонного сообщества мелководья Северного Байкала в условиях обильного развития *Spirogyra* spp. Цветение воды из-за обилия спирогиры в прибрежной зоне юго-западнее г. Северобайкальск (отбор проб проводился у пос. Заречный и в бухте Сеногда) обнаружено поздним летом и осенью 2013 г., а также поздней весной 2014 г. Образование огромного количества детрита, на 95% представленного нитчатыми водорослями, негативно повлияло на состояние сообщества зоопланктона. Это выразилось в полном отсутствии фауны планктона на расстоянии до 10 м от уреза, сокращении численности зоопланктона и гибели (до 60%) ракообразных на расстоянии 20–350 м от уреза; перестройке структуры планктонного сообщества – выпадении коловраток. Быстрому восстановлению сообщества беспозвоночной фауны планктона предшествовали как абиотические, так и биотические факторы. К первым относятся сильные осенние шторма, перемешивание воды в литорали, локальные течения, способствующие привнесению чистых байкальских вод с типичными зоопланктерами. Ко вторым – обитание в планктоне круглогодичных видов ракообразных и коловраток, дающих потомство за короткий срок жизни, и их горизонтальные миграции.

Ключевые слова: Северный Байкал, мелководная зона, цветение воды, обилие спирогиры, структура зоопланктона.

Одним из наиболее известных антропогенных факторов, влияющих на состояние оз. Байкал, считается влияние сточных вод целлюлозно-бумажного комбината БЦБК. Этот вопрос достаточно хорошо изучен на примере планктонного сообщества. Исследованы состав и состояние зоопланктона, динамика его структуры и структура популяции доминирующих видов (эпишуры и циклопа), а также смертность зоопланктона в зависимости от влияния стоков БЦБК в южной котловине Байкала (Помазкова, 1974; Помазкова, Кожова, 1976; Помазкова и др., 1982; Кожова, 1991; Кожова, Бейм, 1993). Однако зависимость смертности байкальского зоопланктона от присутствия детрита растительного происхождения в водной толще специально не изучали.

В литературе имеются спорадические данные по негативному влиянию взвесей на зоопланктон оз. Байкал и других водоемов. Так, по данным

Г.Ф. Мазеповой и Э.Л. Афанасьевой (1971), на мелководном участке Селенги отмечали резкое снижение численности эпишуры. Одна из важных причин этого явления – большое количество твердых взвешенных частиц, приносимых речной водой. На оз. Белое повышенная естественная мутность водоема вызвала перестройку сообществ зоопланктона: вначале из состава зоопланктона выпали тонкие фильтраторы, потом исчезли диаптомиды, в планктоне остались только циклопы (Ривьер, Курдин, 1982).

На северной оконечности оз. Байкал, начиная с 2013 г., нами регистрируется регулярное развитие зеленых нитчатых водорослей рода *Spirogyra* (Тимошкин и др., 2014). Наибольшее цветение воды наблюдается в период с июля по октябрь. При этом образуются гигантские скопления водорослей, выброшенных на берег. Концентрация спирогиры в узкой прибрежной зоне была в основном очень высокой.

¹ Шевелева Наталья Георгиевна – ст. науч. сотр. Лимнологического института СО РАН, канд. биол. наук (shevn@lin.irk.ru);

² Тимошкин Олег Анатольевич – зав. лаб. биологии водных беспозвоночных Лимнологического института СО РАН, докт. биол. наук (tim@lin.irk.ru); ³ Мишарина Евгения Александровна – доцент кафедры гидробиологии и зоологии беспозвоночных Иркутского государственного университета, канд. биол. наук (solevgeniya@yandex.ru).

Основная цель данной статьи – попытка впервые оценить влияние массового развития спирогиры на количественные и качественные характеристики мелководных сообществ зоопланктона Северного Байкала. Нами изучены видовой состав, структура зоопланктона, а также его пространственно-временная изменчивость и смертность разных представителей зоопланктона, развивавшегося в условиях массового развития спирогиры.

Материал и методика исследований

В работе использованы пробы по зоопланктону, собранные на трех профилях литорали Северной котловины Байкала. Профили располагались перпендикулярно к берегу. Точки отбора проб на каждом профиле находились на одинаковом расстоянии от уреза воды: 10, 20, 50, 150 и 350 м (точки 1–5). Был также проведен отбор проб зоопланктона в контрольных точках открытого озера, расположенных в 1–2 км от берега, над глубиной 3, 5, 10 и 250 м.

Зоопланктон на профиле I (пос. Заречный 3,7 км от устья р. Тья) был собран 23 сентября 2013 г. (точки 1–3, 5). Район прибрежной зоны с густой массой водорослевого детрита от поверхности до дна в виде сплошной полосы шириной 3–5 м простирался вдоль побережья на расстояние около 1 км. Повторный отбор проб на профиле I был проведен 16 октября 2013 г. (точки 2, 3, 5) и 29 мая 2014 г. (точки 1–5). В октябре после штормов, когда огромная масса гниющих водорослей была выброшена на берег, пятно с детритом уменьшилось в размере и составляло не более 0,5 м в ширину. Весной 2014 г. (29 мая) уровень озера был, как обычно, существенно ниже осеннего, валы гниющих водорослей располагались в 15–20 м от уреза. Вода в этот период была условно «чистая», прозрачная. На профиле II, расположенном в 6 км западнее устья р. Тья, т.е. на расстоянии 2,3 км от профиля I, вода на урезе и на глубине озера также была условно «чистой». На этом профиле пробы были взяты только 16 октября 2013 г. (точки 2, 3, 5). Профиль III (бухта Сеногда) расположен примерно в 9,5 км юго-западнее устья р. Тья; 16 октября 2013 г. (исследованы точки 1–3, 5) в эту бухту из-за штормов сместилось пятно из детрита отмершей спирогиры. Пятно простиралось в глубь губы на 5–7 м, протяженность пятна вдоль берега превышала 1 км. 29 мая 2014 г. вода на этом участке также была условно «чистая» (исследованы точки 1–5). Пробы зоопланктона в точках, где глубина была менее 2 м, отбирали сетью Апштейна, глубже –

сетью Джеди с диаметром входного отверстия 36 см, с конусом из сита с размером ячеек 76 мкм. После отбора все пробы просматривали под биноклем для учета живых и мертвых организмов. К мертвым относили и травмированных особей. Так, в группе веслоногих ракообразных к мертвым относили организмы, имеющие деформированные наружные покровы, через которые просачивалось содержимое рачков, или нарушенную внутреннюю структуру. У ветвистоусых ракообразных мертвыми считались особи с раскрытыми створками раковины и разложившимся кишечником. Коловратки считались мертвыми, если в панцире отсутствовало содержимое. Затем пробу фиксировали 40%-м формалином. Одновременно с отбором проб измеряли температуру воды и прозрачность. Всего за период исследования собрано и обработано 35 количественных проб зоопланктона.

Результаты исследований и их обсуждение

В период наших исследований (сентябрь–октябрь 2013 г., май 2014 г.) зоопланктон северной котловины Байкала был довольно разнообразным (таблица). Основу численности и биомассы как в литорали, так и в открытой части озера составляли разновозрастные стадии *E. baicalensis*, *C. kolensis*, а субдоминантами выступали три вида круглогодичных коловраток (*K. quadrata*, *K. longispina*, *F. terminalis*). Подобный комплекс зоопланктона с доминированием эпишуры и циклопа в этот период в северной котловине отмечался исследователями в 1960–1980 гг. прошлого столетия (Яснитский, 1934; Афанасьева, 1983; Помазкова, Пенькова, 1982).

В сентябре на профиле I в точке 1 (10 м от берега) при прозрачности 20 см в воде присутствовал детрит черного цвета. Представители ракообразных и коловраток полностью отсутствовали. В 20 м от берега (точка 2) зоопланктон состоял только из ракообразных (три вида циклопов, столько же ветвистоусых и эпишура) (таблица). Численность определял *C. kolensis* (74%), популяция представлена всеми возрастными группами, при доминировании старших науплиусов и младших копеподитных стадий. Доля *E. baicalensis* в сообществе составляла не более 18%. Большую часть погибших рачков составляли циклопы (42%), мертвой эпишуры было в 2 раза меньше (рис. 1, А). В составе фауны ветвистоусых ракообразных отмечены эвритопные организмы (хидорус и босмина) и бентосная *D. rostrata*, при относительно большей плотности (7%) последнего

Видовой состав коловраток и ракообразных в период исследований на мелководье Северного Байкала (2013–2014 гг.)

| Вид | Профиль I 23.09.2013 | | | | | Профиль I 16.10.2013 | | | | | Профиль II 16.10.2013 | | | | | Профиль III 16.10.2013 | | | | | Профиль I 29.05.2014 | | | | | Профиль III 29.05.2014 | | | | |
|--|-------------------------|---|---|---|--|-------------------------|---|---|---|--|--------------------------|---|---|---|--|---------------------------|---|---|---|--|-------------------------|---|---|---|---|---------------------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>Cyclops kolensis</i> Lilljeborg, 1901 | - | + | + | + | | + | + | + | + | | + | + | + | + | | - | + | + | + | | - | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| <i>Cyclops vicinus</i> Ujjanin, 1875 | - | - | + | + | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Epischura baicalensis</i> Sars, 1900* | - | + | + | + | | + | + | + | + | | + | + | + | + | | + | + | + | + | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851) | - | + | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Acanthocyclops rupestris</i> Maz., 1950* | - | - | + | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Acanthocyclops profundus</i> Maz., 1950* | - | - | + | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820) | - | + | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857) | - | - | + | + | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Chydorus sphaericus</i> (Muller, 1785) | - | + | + | + | | - | + | - | - | | - | - | + | - | | - | - | + | - | | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - |
| <i>Bosmina longirostris</i> (Muller, 1785) | - | + | + | - | | - | + | + | + | | - | - | + | + | | - | - | + | + | | - | - | + | + | + | - | - | + | - | - |
| <i>Daphnia galeata</i> Sars, 1863 | - | - | + | + | | - | + | + | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841) | - | + | + | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Kozhowia gaewskajae</i> Vasiljeva, Smirnov, 1969* | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Kozhowia baicalensis</i> Vasiljeva, Smirnov, 1969 | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850 | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850 | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Вид | Профиль I 23.09.2013 | | | | | Профиль I 16.10.2013 | | | | | Профиль II 16.10.2013 | | | | | Профиль III 16.10.2013 | | | | | Профиль I 29.05.2014 | | | | | Профиль III 29.05.2014 | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|---|----|----|----|-------------------------|----|----|---|---|--------------------------|---|----|---|---|---------------------------|---|---|----|----|-------------------------|---|---|----|----|---------------------------|---|---|----|----|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>Euchlanis ligulata</i> Kutikova et Vassiljeva, 1982* | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886) | - | - | - | + | - | - | - | + | + | - | - | - | + | + | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Collotheca mutabilis</i> (Hudson, 1885) | - | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Conochilus unicornis</i> Rousset, 1892 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Kellicottia longispina</i> (Kellcott, 1879) | - | - | - | + | - | - | - | + | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786) | - | - | - | + | - | - | - | + | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Notholca lamellifera</i> Vassiljeva et Kutikova, 1969* | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Notholca labis</i> Gosse, 1887 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Notholca intermedia</i> Voronkov, 1917 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Notholca grandis</i> Voronkov, 1917* | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Notholca jasnitiskii</i> Tikhomirov, 1929* | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925 | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Synchaeta grandis</i> Zacharias, 1893 | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Synchaeta pachypoda</i> Jaschnov, 1922* | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Synchaeta tremula</i> (Muller, 1786) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Всего видов | 0 | 7 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 6 | 6 | 11 | 9 | 0 | 4 | 4 | 6 | 10 | 10 | 9 | 9 | 8 | 10 | 15 | 7 | 9 | 8 | 11 | 14 | | | | | |

Примечание: *эндемики Байкала; полужирным шрифтом выделены номера точек отбора (точки 1, 2, 3, 4 и 5 расположены на расстоянии соответственно 10, 20, 50, 150 и 350 м от уреза воды).

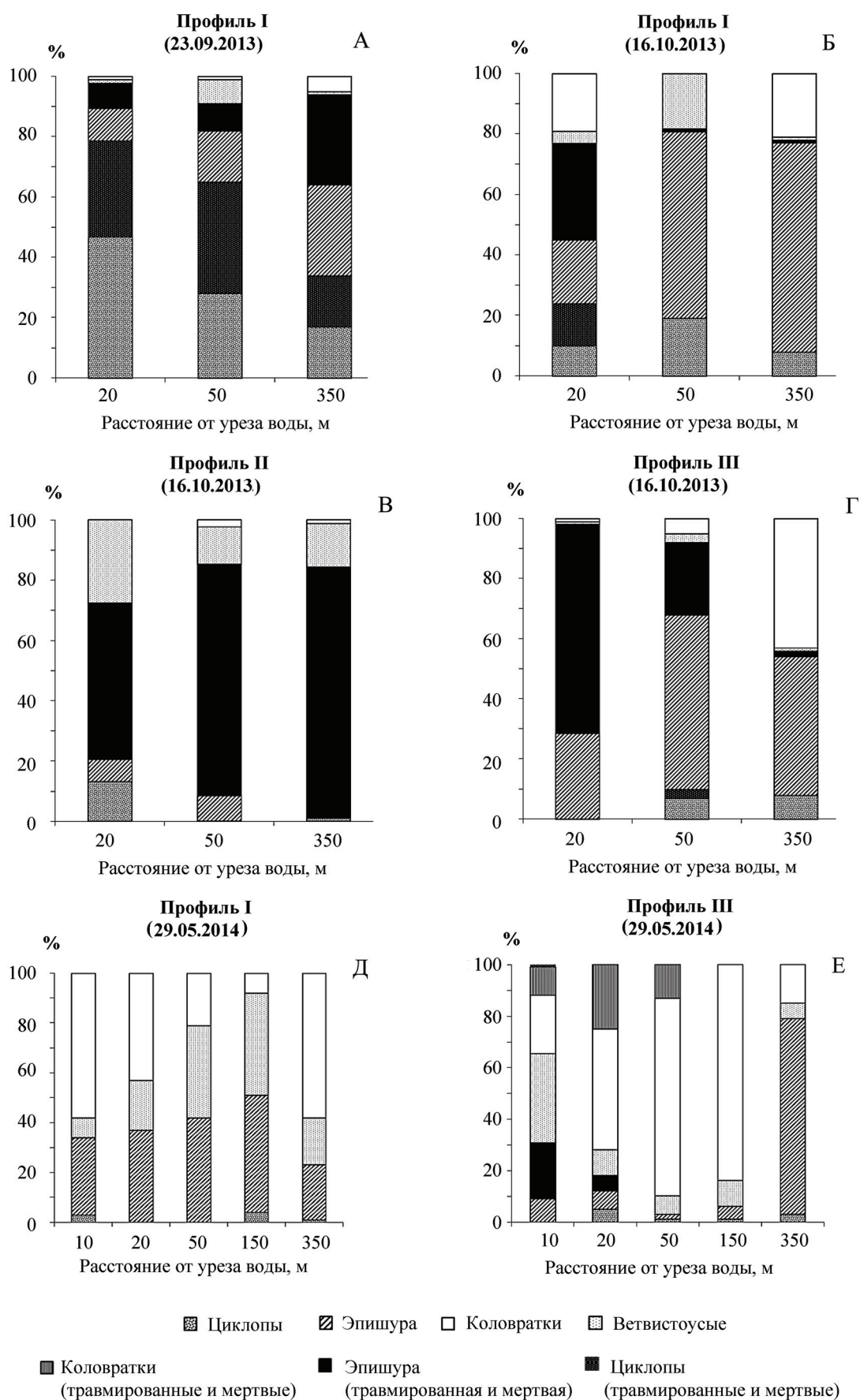


Рис. 1. Соотношение основных таксономических групп (% от общей численности) зоопланктона на профилях I–III (I – пос. Заречный, 3,7 км от устья р. Тья; II – 6 км западнее устья р. Тья; III – бухта Сеногда, 9,5 км от устья р. Тья). Отбор проб 23.09.2013, 16.10.2013 и 25.05.2014

вида. В точке **3** (50 м от уреза) над глубиной 2 м видовой состав зоопланктона увеличился за счет циклопов (5 видов), из них 2 эндемичных вида (таблица). Структура зоопланктона не изменилась: основу также составляли циклопы (59%), а на долю эпишуры приходилось 33%. Мертвые рачки составляли 37 и 30% соответственно (рис. 1, А). Состав ветвистоусых ракообразных оставался прежним. В планктоне отмечена коловратка *S. grandis*, ее численность была ничтожна (менее 1%). В точке **5** (350 м от уреза) над глубиной 5 м в структуре зоопланктона отмечены изменения (рис. 1, А): эпишура лидировала по численности (60%), на втором месте были циклопы (34%). Процент мертвых особей среди ракообразных был высоким. В сообществе зоопланктона появились коловратки, их плотность составляла 5%, среди них доминировала *K. quadrata*. Численность и разнообразие ветвистоусых ракообразных были ничтожными (рис. 1, А).

Таким образом, исследование показало, что большое содержание в воде детрита растительного происхождения вызывает глубокие изменения в структуре зоопланктона. Возможно, в слое под детритом кислород был в минимальном количестве, большая его часть была потреблена детритом. Известно, что циклопы более устойчивы к любому антропогенному воздействию (Иванова, 1976; Ривьер, 1990 и др.). Поэтому в толще воды на расстоянии от уреза 20–50 м (точки **2–3**) структуру зоопланктона определяла популяция циклопа, ветвистоусые представлены эвритопными и бентосными организмами. Более требовательные к кислороду коловратки отсутствовали. На расстоянии 10 м от берега при прозрачности 20 см зоопланктон отсутствовал вовсе. Гибель ракообразных связана в основном с травмированием хитинового покрова. Смертность у циклопа и эпишуры отмечалась вплоть до расстояния 350 м от уреза и выражалась в равных пропорциях.

Вторая съемка по зоопланктону была выполнена на этом же профиле спустя 23 дня (16 октября). В результате сильных штормов полоса детрита из отмершей спирогиры в воде в литоральной зоне и формирование береговых скоплений детрита уменьшились (протяженность полосы составила менее 1 м). Во всех точках исследования (2, 3, 5 – 20, 50 и 350 м от уреза), основу численности (от 53 до 70%) зоопланктона составляла эпишура (рис. 1, Б). Уменьшилось также относительное число мертвых рачков в столбе воды. Травмированные и мертвые циклопы (14%) и эпишура (32%) отмечены в точке, расположенной в 20 м от берега (рис. 1, Б). Травмированные

особи эпишуры (не более 1%) встречались даже на расстоянии 350 м от уреза на глубине озера. Необходимо отметить присутствие коловраток во всех точках озера, их абсолютное и относительное количество по сравнению с предыдущим сроком отбора увеличилось. Они составляли от 19 до 21% численности сообщества зоопланктона (рис. 1, Б). В точках 20 и 50 м доминировала хищная коловратка *S. grandis*. По мнению И.К. Ривьер (2012), коловратки рода *Synchaeta* по типу питания могут быть отнесены к детритно-бактериальной петле. Над глубиной 5 м (станция 350 м от уреза) преобладал, обычный вид мелководий Байкала – *K. quadrata*, относящийся к тонким фильтраторам, его массовое развитие продолжается обычно до осени (Гайгалас, 1957). Полученные нами результаты по видовому составу (наличие в планктоне циклопа, эпишуры, босмины, дафний, хидоруса, круглогодичных коловраток (3–4 вида), характерных для осеннего сезона) и структуре (доминирование по численности в литоральной зоне эпишуры) сравнимы с данными 1961–1979 гг. (Афанасьева, 1983).

Наши исследования показали, что после массовой вспышки развития спирогиры в осенний период зоопланктон через 23 дня восстановил свою структуру и разнообразие. Этому процессу, на наш взгляд, благоприятствовали ветровое перемешивание и шторма, выброс детрита на берег, понижение температуры воды (7–5 °С) и воздуха, т.е. возвращение условий среды, типичных для прибрежных вод открытого озера.

В этот же день (16 октября) была выполнена съемка по исследованию зоопланктона на условно чистом месте в 4 км западнее предыдущего профиля I в точках в 20, 50 и 350 м от уреза воды. В точках **2** и **3** профиля II прозрачность была до дна (3 м). В пробах с фауной ракообразных и коловраток отмечен детрит отмершей спирогиры черного цвета, наличие которого не учитывается при измерении прозрачности с помощью диска Секки. Поэтому при большем разнообразии коловраток (9 видов) (таблица) и доминировании эпишуры (73–87%) в сообществе зоопланктона во всех точках отмечены мертвые особи последней, но при этом процент гибели рачков уменьшается от берега к открытой пелагиали (рис. 1, В). Только в двух точках (20 и 50 м), были обнаружены мертвые особи циклопа (до 7%) (рис. 1, В). В точке **3** (50 м от берега) состав зоопланктона оказался наиболее разнообразным за счет коловраток. Только здесь отмечены эндемики *E. ligulata* и *N. lamellifera*. По численности коловратки в

структуре зоопланктона составляли от 2 до 18%, их плотность увеличивается от точки 2 к точке 5. Так же изменяется относительная роль коловраток в сообществе. Если в точке 3 (глубина 3 м) преобладала хищная *S. grandis* (4 тыс. экз./м³), то в точке 5 (глубина 5 м) лидировали тонкие фильтраторы *K. quadrata* (9 тыс. экз./м³), *F. terminalis* (5,4 тыс. экз./м³). Плотность *S. grandis* оставалась на прежнем уровне (3,6 тыс. экз./м³).

Очень концентрированное пятно с растительным детритом обнаружено нами в 6 км западнее пос. Заречный в бухте Сеногда (профиль III). Исследования показали, что в 10 м от уреза воды, как и у пос. Заречный (23 сентября), при относительно большой площади пятна из спирогиры, зоопланктон отсутствовал. В точках 2, 3 и 5 (20, 50 и 350 м от уреза) структура зоопланктона состояла из эпишуры, при абсолютном ее лидировании по численности (рис. 1, Г), на долю циклопа приходилось от 1 до 10%. Относительная плотность мертвых ракообразных уменьшалась с продвижением в глубь озера. Так, содержание погибших особей эпишуры составляло 73, 24 и 2%, а циклопа – 25, 3 и 0% соответственно. В планктоне отмечены ветвистоусые ракообразные и коловратки. Если в 20 м от берега это были единичные особи *C. sphaericus* и *S. grandis*, то в следующей точке разнообразие видов этих групп увеличилось (таблица), а в точке 5 были обнаружены семь видов коловраток (42% от численности зоопланктона) (рис. 1, Г). В планктоне из коловраток доминировали круглогодичные байкальские виды *K. quadrata* (0,7 тыс. экз./м³), *F. terminalis* (0,6 тыс. экз./м³), *K. longispina* (0,4 тыс. экз./м³).

В 2014 г. исследования на створе пос. Заречный и в бухте Сеногда проводили в поздневесенний период (конец мая), когда спирогира еще не успела развиться. Зоопланктон был обилён качественно, но беден количественно (таблица, рис. 2). Больше разнообразие отмечено в группе коловраток (11–12 видов), где на долю эндемиков приходится 50%. В группе ракообразных, кроме эпишуры, отмечены круглогодичные эндемики: *A. profundus*, *K. gaewskajae*, *K. baicalensis* (таблица). Необходимо отметить, что при равном числе видов у пос. Заречный и в бухте Сеногда, в последней эндемики были представлены большим числом: 7 и 10 видов соответственно. На профилях у пос. Заречный и в бухте Сеногда зоопланктон представлен всеми группами (рис. 1, Д, Е). Подчеркнем особо, что плотность планктонного *C. kolensis* в бухте Сеногда и в открытой части Байкала (пос. Заречный) во всех точках ничтожна. Как показали предыдущие

исследования (Мазепова, 1978; Шевелева и др., 2009), интенсивное размножение у *C. kolensis* наблюдается в июле–августе. Основу зоопланктонного сообщества на профиле I у пос. Заречный составляла *E. baicalensis* (рис. 1, Д). В точках 1, 2 и 5 ниже уреза по численности доминировали коловратки весеннего комплекса *N. lamellifera* и *S. tremula* (0,5 и 2,38 тыс. экз./м³ соответственно). Также во всех точках отмечен *C. sphaericus*, большое количество которого приходилось на глубины 1–2 м (рис. 1, Д). В бухте Сеногда (профиль III) в трех точках, кроме точек 1 (10 м) и 5 – самой отдаленной от берега (350 м), основу структуры зоопланктона составляли коловратки (рис. 1, Е). Во всех точках обитала эпишура, только в двух точках (10 и 20 м от уреза) присутствовали мертвые и травмированные особи эпишуры (20 и 10% соответственно). В точке 350 м от берега доминировала эпишура (80%), остальные 20% в равных долях приходились на коловраток, циклопов и ветвистоусых (рис. 1, Е). Из ветвистоусых здесь абсолютное доминирование также принадлежало эвритопному *C. sphaericus*.

Динамика численности зоопланктона во времени и пространстве показана на рис. 2. Наименьшие значения плотности и разнообразия зоопланктона отмечены в точке 1 (10 м ниже уреза), иногда зоопланктон здесь и вовсе отсутствовал. В местах скопления детрита наибольшие плотности зоопланктона приходятся на точки 20 и 50 м от уреза (рис. 2), главным образом, за счет коловраток и *C. sphaericus*. Максимальная численность зоопланктона (в основном за счет обильного развития эпишуры) отмечена в точке 350 м от уреза на профиле II, где детрит из спирогиры отсутствовал (рис. 2). В точке в 10 м от уреза воды отмечен зоопланктон на профилях условно чистых от детрита, при плотности от 2 до 7 тыс. экз./м³ (рис. 2). Наибольшие значения численности зоопланктона в мае на профилях у пос. Заречный (I) и в бухте Сеногда (III) отмечены в точке, находящейся в 150 м от уреза: в первом случае – за счет обильного развития эпишуры и *C. sphaericus*, во втором случае – за счет эндемичных коловраток рода *Notholca* (рис. 1, 2).

Заключение

Таким образом, нарушение среды обитания, обусловленное содержанием большого количества детрита растительного происхождения, сказалось на деградации сообщества зоопланктона. Это выразилось в полном отсутствии зоопланктона в точках в 10 м от уреза, сокращении плотно-

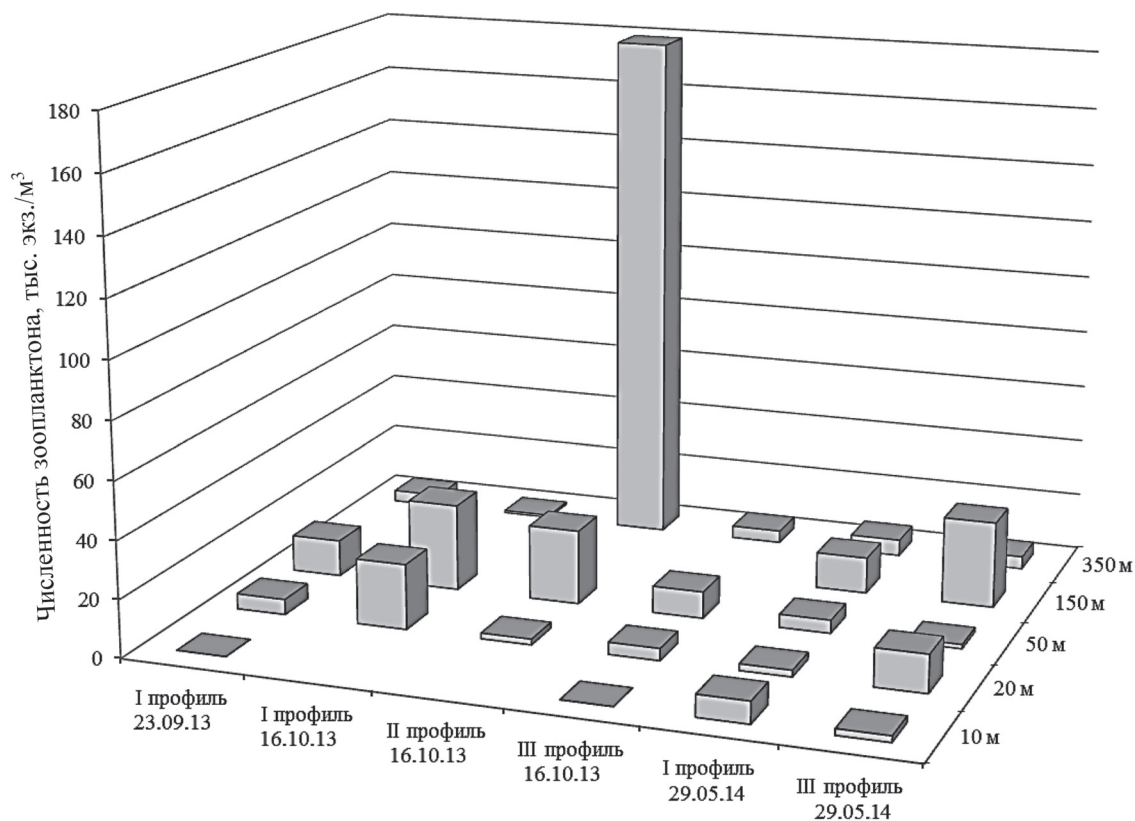


Рис. 2. Количественное распределение численности зоопланктона на профилях I–III (I – пос. Заречный, 3,7 км от устья р. Тья; II – 6 км западнее устья р. Тья; III – бухта Сеногда, 9,5 км от устья р. Тья). Отбор проб 23.09.2013, 16.10.2013 и 25.05.2014

сти зоопланктона, перестройке структуры планктонного сообщества – доминировании циклопа и полном отсутствии фильтраторов из ветвистых и некоторых коловраток.

Отмечена гибель ракообразных и панцирных коловраток за счет механического действия – у ракообразных повреждается тонкий хитиновый покров. При этом в большей степени страдают науплиальные стадии копепод и младшие копеподитные стадии эпишуры. У копеподитных стадий циклопа гибель связана с деформацией каудальных ветвей и поломкой щетинок на них. Детрит, с одной стороны, действует как механический барьер для проникновения кислорода из атмосферы, а с другой стороны, поглощает кислород из воды, при этом коловратки, как наиболее требовательные к кислороду организмы, исчезают из планктона.

Как показали наши исследования (сентябрь–октябрь 2013 г. и май 2014 г.), сообщество зоопланктона быстро восстановилось. Этому способствовали абиотические факторы – осенние шторма, перемешивание воды в литоральной зоне и локальные течения. Биотические факторы также играли важную роль, поскольку большая часть сообщества зоопланктона была представлена круглогодичными организмами, дающими потомство за короткий срок жизни (коловратки, ветвистосусые). Определенное значение в восстановлении структуры зоопланктона имели также горизонтальные миграции беспозвоночных животных.

Авторы выражают искреннюю благодарность ст. науч. сотр., канд. биол. наук В.В. Мальнику и аспиранту И. Зайдыкову за помощь при отборе проб.

Исследования поддержаны проектом «Современное состояние, биоразнообразие и экология прибрежной зоны Байкал» (VI.51.1.10) (2013–2016 гг.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[REFERENCES]

- Афанасьева Э.Л.* Зоопланктон // Лимнология Северного Байкала. Новосибирск, 1983. С. 93–103 [*Afanas'eva E.L.* Zooplankton // *Limnologiya Severnogo Bajkala.* Novosibirsk, 1983. S. 93–103].
- Гайгалас К.С.* К познанию фауны коловраток озера Байкал // Изв. БГНИИ при ИГУ. 1958. Т. XVII. Вып. 1–4. С. 103–143 [*Gaigalas K.S.* K poznaniyu fauny kolovratok ozera Bajkal // *Izv. BGNII pri IGU.* 1958. T. XVII. Vyp. 1–4. S. 103–143].
- Кожов М.М.* Биология озера Байкал. М., 1962. 314 с. [*Kozhov M.M.* *Biologiya ozera Bajkal.* M., 1962. 314 s.].
- Кожова О.М.* Проблемы мониторинга зоопланктона // Мониторинг состояния озера Байкал. Л., 1991. С. 209–222 [*Kozhova O.M.* *Problemy monitoringa zooplanktona* // *Monitoring sostoyaniya ozera Bajkal.* L., 1991. S. 209–222].
- Кожова О.М., Бейм Б.П.* Экологический мониторинг Байкала. М., 1993. 350 с. [*Kozhova O.M., Beim B.P.* *Ekologicheskij monitoring Bajkala.* M., 1993. 350 s.].
- Иванова М.Б.* Опыт оценки участия планктонных животных в процессах самоочищения воды (на примере зоопланктона прибрежных участков р. Ижора) // Гидробиологические основы самоочищения вод. Л., 1976. С. 36–43 [*Ivanova M.B.* *Opyt otsenki uchastiya planktonnykh zivotnykh v protsessakh samoochishcheniya vody (na primere zooplanktona pribrezhnykh uchastkov r. Izhora)* // *Gidrobiologicheskie osnovy samoochishcheniya vod.* L., 1976. S. 36–43].
- Мазепова Г.Ф.* Циклопы озера Байкал. Новосибирск, 1978. 144 с. [*Mazepova G.F.* *Tsiklopy ozera Bajkal.* Novosibirsk, 1978. 144 s.].
- Мазепова Г.Ф., Афанасьева Э.Л.* Зоопланктон Селенгинского мелководья и открытых участков южного Байкала // Лимнология придельтовых пространств Байкала (Селенгинский район). Л., 1971. С. 223–259 [*Mazepova G.F., Afanas'eva E.L.* *Zooplankton Selenginskogo melkovod'ya i otkrytykh uchastkov yuzhnogo Bajkala* // *Limnologiya pridel'tovykh prostranstv Bajkala (Selenginskij rajon).* L., 1971. S. 223–259].
- Помазкова Г.И.* Зоопланктон в районе сброса промстоков Байкальского целлюлозного завода и у Танхоя // Продуктивность Байкала и антропогенные изменения его природы. Иркутск, 1974. С. 192–206 [*Pomazkova G.I.* *Zooplankton v rajone sbrosa promstokov Bajkal'skogo tsellyuloznogo zavoda i u Tankhoya* // *Produktivnost' Bajkala i antropogennye izmeneniya ego prirody.* Irkutsk, 1974. S. 192–206].
- Помазкова Г.И., Кожова О.М.* Зооценозы искусственных бассейнов очистной системы Байкальского целлюлозного завода // Гидробиол. журн. 1976. Т. 12. № 6. С. 46–52 [*Pomazkova G.I., Kozhova O.M.* *Zootsenozy iskusstvennykh bassejnov ochistnoj sistemy Bajkal'skogo tsellyuloznogo zavoda* // *Gidrobiol. zhurn.* 1976. T. 12. № 6. S. 46–52].
- Помазкова Г.И., Коноплева Г.Д., Кожова О.М.* Зоопланктон // Состояние сообществ Южного Байкала. Иркутск, 1982. С. 28–39 [*Pomazkova G.I., Konopleva G.D., Kozhova O.M.* *Zooplankton* // *Sostoyanie soobshchestv Yuzhnogo Bajkala.* Irkutsk, 1982. S. 28–39].
- Помазкова Г.И., Пенькова О.Г.* Зоопланктон Северного Байкала по многолетним данным // Проблемы экологии Прибайкалья. Тез. докл. к Всесоюз. науч. конф. Ч. 3. Иркутск, 1982. С. 21–22 [*Pomazkova G.I., Pen'kova O.G.* *Zooplankton Severnogo Bajkala po mnogoletnim dannym* // *Problemy ekologii Pribaikal'ya.* Tез. dokl. k Vsesoyuz. nauch. konf. Ch. 3. Irkutsk, 1982. S. 21–22].
- Ривьер И.К.* Влияние стоков г. Череповца на зоопланктон Шекснинского плеса // Влияние стоков Череповецкого промышленного узла на экологическое состояние Рыбинского водохранилища. Рыбинск, 1990. С. 42–58 [*Riv'er I.K.* *Vliyanie stokov g. Cherepovtsa na zooplankton Sheksninskogo plesa* // *Vliyanie stokov Cherepovetskogo promyshlennogo uzla na ekologicheskoe sostoyanie Rybinskogo vodokhranilishcha.* Rybinsk, 1990. S. 42–58].
- Ривьер И.К.* Холодноводный зоопланктон озер бассейна Верхней Волги. Ижевск, 2012. 380 с. [*Riv'er I.K.* *Kholodnovodnyj zooplankton ozer bassejna Verkhnej Volgi.* Izhevsk, 2012. 380 s.].
- Ривьер И.К., Курдин В.П.* О зоопланктоне некоторых мутных водоемов Волго-Балтийской и Северо-Двинской водных систем // Экологические исследования водоемов Волго-Балтийской и Северо-Двинской водных систем. Л., 1982. С. 104–111 [*Riv'er I.K., Kurdin V.P.* *O zooplanktone nekotorykh mutnykh vodoemov Volgo-Baltijskoj i Severo-Dvinskoj vodnykh sistem* // *Ekologicheskie issledovaniya vodoemov Volgo-Baltijskoj i Severo-Dvinskoj vodnykh sistem.* L., 1982. S. 104–111].
- Тимошкин О.А., Бондаренко Н.А., Волкова Е.А., Томберг И.В., Вишняков В.С., Мальник В.В.* Массовое развитие зеленых нитчатых водорослей родов *Spirogira* Link и *Stigeoclonium* Kutz (Chlorophyta) в прибрежной зоне Южного Байкала // Гидробиол. журн. 2014. Т. 50. № 5. С. 15–26 [*Timoshkin O.A., Bondarenko N.A., Volkova E.A., Tomberg I.V., Vishnyakov V.S., Mal'nik V.V.* *Massovoe razvitie zelenykh nitchatyykh vodoroslej rodov Spirogira Link i Stigeoclonium Kutz (Chlorophyta) v pribrezhnoy zone Yuzhnogo Bajkala* // *Gidrobiol. zhurn.* 2014. T. 50. № 5. S. 15–26].
- Чуйков Ю.С.* Материалы к кадастру планктонных беспозвоночных бассейна Волги и Северного Каспия. Коловратки (Rotatoria). Тольятти, 2000. 195 с. [*Chujkov Yu.S.* *Materialy k kadastru planktonnykh bespozvonochnykh bassejna Volgi i Severnogo Kaspiya. Kolovratki (Rotatoria).* Tol'yatti, 2000. 195 s.].
- Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г., Кипрушина К.Н.* Многолетняя динамика численности зоопланктона открытой части пролива Малое Море (оз. Байкал) // Экология. Природные ресурсы. Рациональное природопользование. Охрана окружающей среды. М., 2009. Т. 114, вып. 3. С. 505–510 [*Sheveleva N.G., Pen'kova O.G., Kiprushina K.N.* *Mноголетnyaya dinamika chislennosti zooplanktona otkrytoj chasti proliva Maloe More (oz. Bajkal)* // *Ekologiya. Prirodnye resursy. Ratsional'noe prirodopol'zovanie. Okhrana okruzhayushchej sredy.* M., 2009. T. 114, vyp. 3. S. 505–510].
- Яснитский В.Н.* Планктон Северной оконечности Байкала // Изв. БГНИИ при ИГУ. 1934. Т. 4. Вып. 1. С. 85–101 [*Yasnitskii V.N.* *Plankton Severnoj okonechnosti Bajkala* // *Izv. BGNII pri IGU.* 1934. T. 4. Vyp. 1. S. 85–101].

**DYNAMICS OF ZOOPLANKTON COMMUNITIES IN SHALLOW PARTS
OF NORTHERN BAIKAL DURING BLOOMS OF GREEN FILAMENTOUS
ALGAE *SPIROGYRA* SPP. (CHLOROPHYTA, ZYGNEMATOPHYCEAE)
IN 2013–2014**

*N.G. Sheveleva*¹, *O.A. Timoshkin*², *E.A. Misharina*³

Seasonal variations in species structure and quantitative indices of zooplankton community from Northern Baikal shallows were studied during *Spirogyra* spp. blooms. *Spirogyra* blooming in the shore zone south-west of Severobaikalsk Town was registered in late summer and autumn 2013, as well as in late spring 2014 (samples were collected opposite Zarechny Settlement and in Senogda Bay). Large amounts of detritus, 95% of which were composed of filamentous algae, negatively affected the zooplankton community. There was absolutely no plankton within 10-meter area off the water edge, dramatic decrease in zooplankton abundance and death of crustaceans (up to 60 %) 20–350 m away from the water edge; change in planktonic community – disappearance of rotifers. Certain abiotic and biotic factors entailed fast recovery of invertebrate fauna, plankton. The former include strong autumn storms, mixing of the littoral water, local currents bringing clean Baikal water with typical representatives of zooplankton, and the latter – perennial crustaceans and rotifers with a short reproduction period and horizontal migrations inhabiting plankton.

Key words: Northern Baikal, shallow zone, *Spirogyra* blooms, structure of zooplankton.

¹ Sheveleva Nataliya Georgievna, Limnological Institute of Sib. Div. of Russ. Academy of Sci. (shevn@lin.irk.ru); ² Timoshkin Oleg Anatol'evich, Limnological Institute of Sib. Div. of Russ. Academy of Sci. (tim@lin.irk.ru); ³ Misharina Evgeniya Aleksandrovna, Irkutsk state University.