

УДК 574.583 (282.256.341)

СУКЦЕССИЯ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА СЕВЕРНОГО (СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ БАЙКАЛА) ПОСЛЕ ПОДЛЕДНОГО ЗАМОРА

Н.И. Шабурова, Н.Г. Шевелева

Приведены результаты многолетних исследований (1998–2005 гг.) зоопланктона озера Северного, находящегося на территории Байкало-Ленского заповедника. Изучен видовой состав, структурообразующий комплекс, численность и биомасса зоопланктона в периоды до 1998–1999 гг. и после подледного замора в 2000–2005 гг. Поступление биогенных веществ с гибелью рыбы вызвало массовое развитие синезеленых водорослей, которое достигло степени «цветения воды». Все это в свою очередь повлияло на изменение структурных и функциональных характеристик зоопланктона.

Ключевые слова: зоопланктон, видовое разнообразие, структура, северо-западное побережье Байкала.

В последние годы комплексные гидробиологические работы на мелких озерах, расположенных вблизи оз. Байкал, практически не проводились. На территории Байкало-Ленского заповедника находится множество малых водоемов, в которых спорадически изучались отдельные звенья биоты (Бондаренко, 2006; Коровякова и др., 2001; Шевелева и др., 2001; Шевелева, Шабурова, 2005). Благодаря близости к Байкалу, небольшим размерам и достаточно простым трофическим связям, они могут служить прекрасными объектами для длительных наблюдений за изменениями планктона в целом, вызванными как естественными причинами, так и антропогенными факторами.

Материалы и методы

Оз. Северное находится на северо-западном побережье оз. Байкал на территории Байкало-Ленского заповедника. Оно образовалось из залива Байкала и отделяется от него галечной косой. Имеет овальную форму с длинным рукавом, направленным на северо-восток. Длина озера около 300 м при максимальной ширине 150 м. Наибольшая глубина (3,5 м) отмечена в восточной части озера, средняя глубина 1,2 м. Грунт в озере представлен в основном галькой, в средней части и у западного побережья значительно заилен. Уровень воды в озере колеблется в пределах 1 м, и так же, как в Байкале его минимальное значение наблюдается в начале лета, а максимальное – осенью. Подпитка озера происходит за счет поверхностного стока: таяние снега, дожди. По солевому составу вода в озере слабо минерализованная гидрокарбонатно-кальциевая I и II типов. В летний период

минерализация воды немного превышает таковую в Байкале. Значение суммы главных ионов равно 113 мг/л; вода в озере мягкая – общая жесткость составляет 1,44 мг-экв/л (Коровякова и др., 2001). В зимний период, сумма ионов увеличивается до 494 мг/л, примерно так же изменяется величина общей жесткости (до 6,55 мг-экв/л). Соотношения между основными ионами существенно не меняются в течение года. Значение pH в зимний период сдвигается в слабощелочную сторону (7,36). Такие значительные сезонные изменения в минерализации озера можно объяснить поступлением воды из Байкала через рыхлые отложения летом (Коровякова и др., 2001).

В средней части и с юго-западной стороны озера имеются обильные заросли водных растений: уруть сибирская, элодея канадская, болотница болотная, горец земноводный, рдесты пронзеннолистный и длиннейший. Наличие в озере богатой кормовой базы обеспечивает благоприятные условия для щуки, окуня, ельца.

Зимой 1999–2000 гг. из-за низких температур толщина льда на озере составила 1,2 м, что привело к замору и полной гибели рыбного населения. Образовавшееся большое количество мертвого органического вещества способствовало изменениям в структуре планктона озера.

Исследования зоопланктона в оз. Северное проводили в течение 8 лет. При этом в 1998–1999 гг. в августе были отобраны лишь качественные пробы. В остальные годы помимо качественного материала три раза в месяц отбирали количественные пробы: в 2000 г. (VII–VIII – 15), 2001 г. (VIII – 3), 2002 г. (V–VIII – 18), 2003 г. (V–X – 33), 2004 (VI–XI – 39), 2005 г. (VI–X

– 42). При сборе проб зоопланктона одновременно измеряли температуру поверхности воды и прозрачность в 2000–2002 гг. конец мая–август; 2003–2004 гг. конец мая–октябрь; 2005 середина июня–октябрь. Пробы зоопланктона (общее количество 150) собирали сетью Джеди с диаметром входного отверстия 25 см и конусом из мельничного газа с размером ячеи 100 мкм. Обработку проб проводили по общепринятым в гидробиологии методикам (Киселев, 1969). Массу тела ракообразных и коловраток рассчитывали по уравнениям связи длины тела и сырой массы (Балушкина, Винберг, 1979; Ruttner–Kolisko, 1977). Для выделения доминирующих или структурообразующих видов использована функция рангового распределения относительного обилия видов: $R_i = n_i/N$, где n_i – численность вида в сообществе, N – суммарная численность (Федоров, 1970).

Цель работы – выявить на основе видового состава, структурных и количественных показателей зоопланктона изменения в его состоянии, вызванные заморным явлением и гибелью рыбы.

Результаты и обсуждения

Вскрытие озера ото льда происходит в начале мая, к третьей декаде вода прогревается до 10–13°C (рис. 1). Максимальная температура воды (23°C) приходится на вторую декаду июля и весь август не опускается ниже 18°C. В конце октября озеро покрывается льдом.

Прозрачность воды в исследуемые годы изменялась от 0,4 до 2,8 м (рис. 1). В 2000 г. после суровой зимы и гибели рыбы в озере прозрачность воды в июле–августе колебалась от 1,5 до 1,2 м, т.е. была не ниже, чем в эти же сроки до гибели рыбы в 1998–1999 гг. Температура воды в июле–августе 2000 г. колебалась от 17 до 23°C с максимумом во второй декаде июля (рис. 1). Значения прозрачности воды стали резко снижаться с конца июля 2002 г. В течение всего этого года прослеживалась четкая связь прозрачности и температуры воды. При повышении температуры прозрачность воды уменьшалась, достигая минимальных значений (0,4 м) во второй декаде августа (рис. 1).

В 2003 г. с середины июня до первой декады августа при бурном «цветении» воды синезелеными (*Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*) и динофитовыми (*Ceratium hirundinella*) были отмечены минимальные значения прозрачности воды (0,4 м). В начале сентября с охлаждением поверхностных слоев воды возрастает ее прозрачность, достигая к началу ледостава максимальной величины (3 м). В 2004 г. пики кривых температуры и прозрачности совпадали

до конца августа (рис. 1). В 2005 г. за счет массового развития синезеленых водорослей, которые в течение всего периода открытой воды достигали степени «цветения» (Бондаренко, 2006), значения прозрачности воды были минимальны и не поднимались выше 0,9 м (середина октября). С июля до первой декады сентября прозрачность изменялась от 0,4 до 0,6 м (рис. 1).

Зоопланктон оз. Северное включает 63 вида, из них 34 вида коловраток, 20 видов ветвистоусых и 9 видов веслоногих (табл. 1). Все найденные здесь виды характерны для мелководных водоемов, заливов и соров оз. Байкал и водохранилищ Ангаро-Енисейского каскада (Аров, 2001 и др.; Шевелева, 2001; Шевелева и др., 2001).

Наибольшее число видов зарегистрировано в родах *Alona* (6), *Lecane* и *Euchlanis* (по 4). Разнообразие заметно менялось по годам (от 17 до 36). Для сравнения приведены данные по видовому составу зоопланктона до гибели рыбы за август 1998–1999 гг. и выделены данные по разнообразию фауны за август по всем последующим годам (2000–2005 гг.). Анализ фауны коловраток и низших ракообразных показал тенденцию сокращения числа видов с 2002 года (табл. 1). Обеднение видового состава коснулось коловраток и ветвистоусых. Уменьшение числа видов было особенно выражено в 2002 г., когда в августе в планктоне присутствовало всего 11 видов, а за весь период наблюдения (май–август) отмечено 18 (табл. 1). В то же время в 2002–2003 гг. в озере появились ранее не отмечаемые виды родов *Brachionus* и *Philodina*, а также *Cephalodella gibba*, *Lecane flexilis*, *Euchlanis deflexa*, *Euchlanis lyra*, *Daphnia pulex*, *Leydigia leydigii*, *Graptoleberis testudinaria*, *Diacyclops bicuspidatus* (табл. 1).

Существенные изменения произошли также и в доминирующем комплексе зоопланктона. Так, в 2000 г. структурообразующее ядро коловраток и ракообразных в озере было представлено 7 видами. Из них 4 вида приходятся на ракообразных при доминировании *Eudiaptomus graciloides* и *Daphnia galeata* (рис. 2). Из коловраток в доминирующее ядро входили *Asplanchna priodonta* и *Synchaeta stylata*. К субдоминантам отнесены *Mesocyclops leuckarti*, *Eucyclops serrulatus* и *Keratella quadrata*. В период наблюдений (июль–август) ракообразные составляли от 30 до 50% численности зоопланктона.

В 2002 г. после гибели рыбы происходит перестройка структуры сообщества зоопланктона (рис. 2). Структурообразующий комплекс составляют также 7 видов, но теперь главная роль принадлежит коловраткам. Основу составляют три вида коловраток (*Keratella*

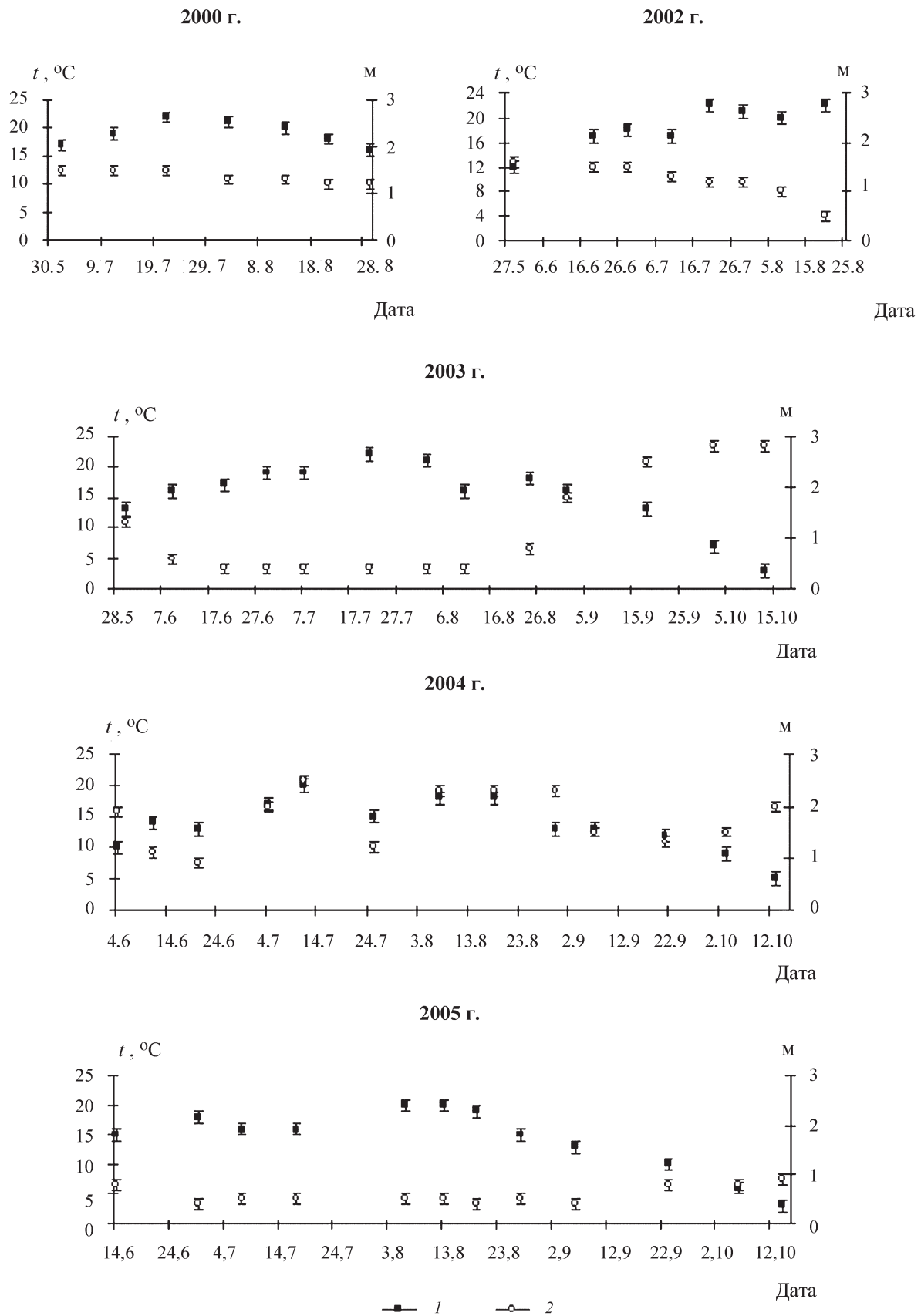


Рис. 1. Динамика температуры (1) и прозрачности (2) воды в 2000–2005 гг.

Таблица 1

Динамика видового состава зоопланктона коловраток и ракообразных

Таксоны	Годы исследований							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип Rotifera Класс Eurotatoria Markevich, 1989 Отряд Saertiramida Markevich, 1990 Семейство Notommatidae Remane, 1933 <i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	-	-	+	-
Семейство Trichocercidae Remane, 1933 <i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank, 1802)	+*	-	+*	+*	-	+	-	-
Семейство Gastropodidae Remane, 1933 <i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850	+*	-	+	+*	-	-	-	-
Семейство Synchaetidae Remane, 1933 <i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	-	+*	-	-	-	-	-	+
<i>S. stylata</i> Wierzejski, 1893	+*	+*	+*	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>P. euryptera</i> Wierzejski, 1891	-	+*	-	-	-	-	-	-
<i>P. major</i> Burekhardt, 1900	-	-	+	+*	-	-	-	-
Отряд Saltiramida Markevich, 1990 Семейство Asplanchnidae Haring et Myers, 1926 <i>Asplanchna girodi</i> Guerne, 1888	+*	+*	-	-	-	-	-	-
<i>A. priodonta</i> Gosse, 1850	+*	+*	+*	-	-	+*	+	+*
Отряд Transversiramida Markevich, 1990 Семейство Lecanidae Bartoš, 1959 <i>Lecane arcuata</i> (Bryce, 1891)	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>L. flexilis</i> (Gosse, 1886)	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>L. luna</i> (Mueller, 1776)	+*	+*	+*	-	-	+*	+	-
<i>L. lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	+*	+*	+*	+*	+	+*	+	-
Семейство Trichotriidae Bartoš, 1959 <i>Trichotria pocillum</i> (Mueller, 1776)	-	+*	-	-	-	+	-	-
<i>T. truncata</i> (Whitelegge, 1889)	-	+*	+	-	-	+	-	-
Семейство Mytilinidae Bartoš, 1959 <i>Mytilina mucronata</i> (Mueller, 1773)	-	-	+	-	-	+	+	-
<i>M. ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+*	+	-	+	+*	+	-
Семейство Euchlanidae Bartoš, 1959 <i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	+*	+*	+*	+*	+	+*	+	+*
<i>E. lyra</i> Hudson, 1886	+*	-	-	-	-	-	+	-
<i>E. deflexa</i> Gosse, 1851	-	-	-	-	-	+	+	+*
<i>E. triquetra</i> Ehrenberg, 1838	+*	-	+	+*	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семейство Brachionidae Wesenberg-Lund, 1899 <i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	-	-	-	-	+*	+*	+*	+*
<i>B. quadrangularis</i> Hermann, 1783	-	-	-	-	-	-	-	+*
<i>B. urceus</i> (Linnaeus, 1754)	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	-	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*
<i>K. quadrata</i> (Mueller, 1786)	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	+	+*	-	+	+	-
<i>N. squamula</i> (Mueller, 1786)	-	+*	-	-	-	+	+	-
Класс Eurotatoria Markevich, 1989 Отряд Protoramida Markevich, 1990 Семейство Conochilidae Remane, 1933 <i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	+	-	-	-	-	-	-	-
Семейство Filiniidae Bartoš, 1959 <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	-	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*
<i>F. passa</i> (Mueller, 1786)	-	-	-	-	-	+	-	-
Класс Hemirotopatoria Markevich, 1989 Отряд Paedotrochida Beauchamp, 1965 Семейство Collotheceidae Bartoš, 1959 <i>Collothecha</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-
Класс Archeorotatoria Markevich, 1989 Отряд Vdelloida Hudson, 1884 Семейство Habrotrochidae <i>Hablotrocha</i> sp.	+*	+*	-	-	-	-	-	-
Семейство Philodinidae Bryce, 1884 <i>Philodina</i> sp.	-	-	-	-	+	+*	+	+*
<i>Dissotrocha aculeata</i> (Ehrenberg, 1832)	+*	-	+	-	-	-	-	-
Класс Crustacea II/ класс Branchiopoda Latreille, 1816 Н/отряд Cladocera Отряд Stenopoda Sars, 1865 Семейство Sididae Baird, 1850 <i>Sida crystallina crystallina</i> (Mueller, 1776)	+*	-	-	-	-	-	-	-
Отряд Anomopoda Sars, 1865 Семейство Daphniidae Straus, 1820 <i>Scapholeberis mucronata</i> (Mueller, 1776)	+*	+*	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus vetulus</i> (Mueller, 1776)	+*	+*	+*	-	-	-	+	-
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862	+*	+*	+	+*	+*	+*	+	-
<i>C. quadrangula</i> (Mueller, 1785)	-	+*	-	-	-	-	+*	+*
<i>Daphnia galeata</i> Sars, 1864	+*	+*	+*	+*	-	-	-	-
<i>D. pulex</i> Leydig, 1860	-	-	-	-	+*	+*	+*	+*
<i>D. turbinata</i> Sars, 1903	-	-	+	+*	-	+	-	-
Семейство Chydoridae Stebbing, 1902 <i>Pleuroxus trigonellus</i> (Mueller, 1785)	-	+*	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (Mueller, 1785)	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	+*	+*	+	-	-	-	-	-

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>A. costata</i> Sars, 1862	+*	+*	-	-	-	+	-	+
<i>A. guttata guttata</i> Sars, 1862	+*	+*	+*	-	+	+	+	+
<i>A. guttata tuberculata</i> Kurz, 1875	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. quadrangularis</i> (Mueller, 1785)	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>A. rectangula</i> Sars, 1862	+*	-	+*	+*	+*	+	+*	+*
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	+	-	-	-	+*	-	+	+*
<i>Leydigia leydigii</i> (Schoedler, 1863)	-	-	-	-	-	-	+*	+
Семейство Bosminidae Sars, 1865 <i>Bosmina longirostris</i> Mueller, 1785	-	-	+*	-	-	+*	+	+*
Сем-во Пьюкриптиды Smirnov, 1992 <i>Ilyocryptus agilis</i> Kurz, 1878	+	-	-	-	-	-	-	-
Класс Maxillopoda Edwards, 1840 П/класс Copepoda Edwards, 1840 Отряд Calanoida Sars, 1903 Семейство Diaptomidae Sars, 1903 <i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*
Отряд Cyclopoida Burmeister, 1834 П/ семейство Eucyclopinae Kieffer, 1927 <i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	+*	-	+	-	-	+*	+	+*
<i>E. macruoides</i> (Lilljeborg, 1901)	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>E. serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+*	+*	+	-	+	+*	+*	+*
П/ семейство Cyclopinae Burmeister, 1834 <i>Cryptocyclops bicolor</i> (Sars, 1863)	+*	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+*	-	+	-	-	+	-	-
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+*	-	+*	-	+*	+*	+*	+*
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	-	-	+	+*	-	-	-	-
Итого: *	34*	28*	16*	17*	11*	19*	11*	18*
Итого: 63	34	28	33	17	18	36	35	23

Обозначения: «+» – присутствие вида; «-» – отсутствие вида; «*» – вид отмечен в августе.

quadrata, *Filinia longiseta*, *Brachionus angularis*), соответствующие первому, второму и четвертому рангу по численности. Из ракообразных в доминантное ядро входил *Mesocyclops leuckarti*, он соответствовал третьему рангу. Численность *Eudiaptomus graciloides* в этот период исследования заметно снизилась, передвинув его на пятую позицию. При этом в июле–августе ветвистоусые и веслоногие давали не более 10–15% общей численности зоопланктона (рис. 3).

В 2003 г. при наличии легкоусвояемого органического вещества (после массовой гибели рыбы) и высокой температуры воды 20–22°C (июль–август)

наблюдали «цветение» водоема синезелеными и динофитовыми водорослями. Структурообразующий комплекс зоопланктона составляли 9 видов, из них три вида (*Mesocyclops leuckarti*, *Keratella quadrata*, *Bosmina longirostris*) были доминантами (рис. 2). Численность субдоминантов уменьшалась в следующем порядке *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta*, *Lecane luna*, *Chydorus sphaericus* и виды из отряда Bdelloida. В сентябре температура воды резко понизилась, доминирующее положение перешло к коловраткам, среди которых массовыми были *Keratella quadrata* и *Lecane luna*.

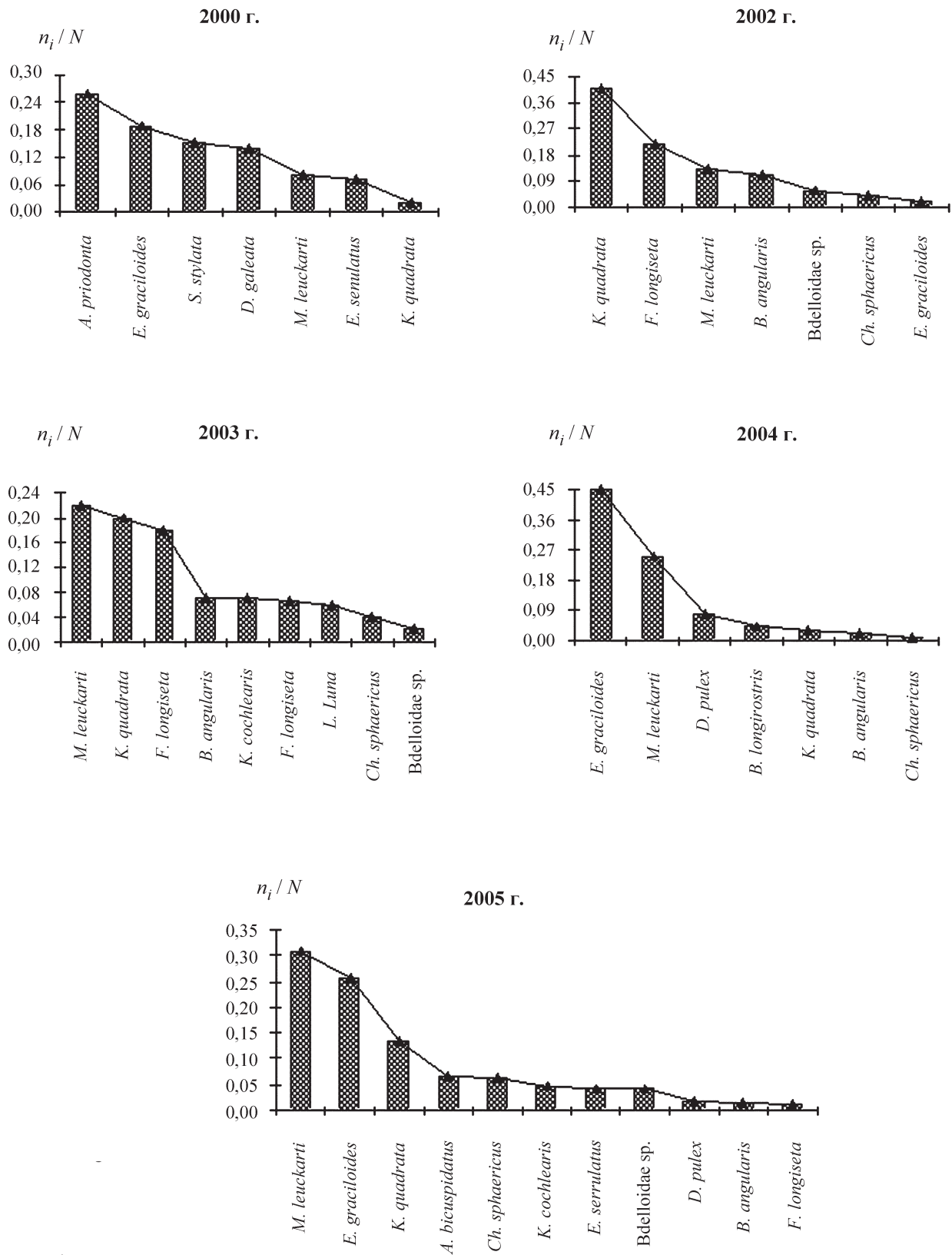


Рис. 2. Ранговое распределение численности видов зоопланктона в 2000–2005 гг.

В течение всего 2004 г. доминантами в озере были веслоногие – *Eudiaptomus graciloides* и *Mesocyclops leuckarti*, субдоминантами – ветвистоусые *Daphnia pulex*, *Bosmina longirostris* и коловратки *Keratella quadrata*, *Brachionus angularis*. Численность последних трех видов была невелика (рис. 2).

В 2005 г. доминирующее ядро, как и в предыдущем году, составили те же ракообразные и коловратка *Keratella quadrata* (рис. 2). Субдоминантами были бентосные циклопы (*Eucyclops serrulatus*, *Diacyclops bicuspidatus*), мелкие коловратки (*Keratella cochlearis*, *Brachionus angularis*, виды отряда Bdelloida) и крупные особи *Daphnia pulex*, численность которой была незначительна. Кривая функции рангового распределения и число видов структурообразующего комплекса зоопланктона оз. Северное типичны для эвтрофных озер.

Известно, что количественное развитие зоопланктона в озерах определяется в первую очередь трофическими условиями. Изменение численности и биомассы зоопланктона оз. Северное в исследуемый период определялось последствиями гибели рыбы. Так, до замора в августе 1999 г. число видов зоопланктона составляло 28 (при его плотности немногим более 292,5 тыс. экз./м³), основу сообщества фауны планктона составляли коловратки *Synchaeta stylata*, *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchna priodonta*. В первый летний сезон после гибели рыбы (2000 г.) разнообразие коловраток и ракообразных оставалось довольно высоким (33 вида), но резко сократилась численность зоопланктона, главным образом за счет коловраток (табл. 2, рис. 3). Средняя плотность зоопланктона за период открытой воды составляла не более 34,0 тыс. экз./м³. На третий год (2002) максимальная и средняя численность фауны планктона увеличились по сравнению с 2000 г. в 10 раз, а на четвертый год – в 50 и 20 раз соответственно (рис. 3, табл. 2). В следующем 2003 г. в развитии зоопланктона отмечено два пика. Первый и максимальный, обусловленный обильным развитием коловраток, в основном *Brachionus angularis*, пришелся на май. Второй максимум численности зоопланктона, определяемый ракообразными, главным образом *Mesocyclops leuckarti* и *Bosmina longirostris*, отмечен в начале июля (рис. 3). В этом году отмечены как максимальная абсолютная (3200 тыс. экз./м³), так и максимальная средняя (645,5 тыс. экз./м³) численность за весь период исследований (табл. 2).

В последующие 2004 и 2005 гг. максимальная и средняя численность за период открытой воды стала уменьшаться (200 и 250 тыс. экз./м³; 81,1 и 107,5 тыс. экз./м³ соответственно), основу доминантного ядра

составили ракообразные (рис. 3), биомасса которых оставалась довольно высокой (табл. 2).

Биомасса зоопланктона в исследуемый период имела меньший размах колебаний по сравнению с численностью. Так в 2002 г. максимальная и средняя за период открытой воды биомасса не отличалась от таковой в 2000 г. (рис. 3, табл. 2). За весь период исследования максимальное значение биомассы (25 г/м³), обусловленное появлением в планктоне *Daphnia pulex*, было отмечено в 2003 г. В последующие 2004 и 2005 гг. максимальные значения биомассы стали снижаться (10 и 5 г/м³ соответственно). При этом средняя за период открытой воды биомасса в 2004 г. была на уровне предыдущего года за счет большого вклада ветвистоусых (рис. 3). В 2005 г. биомасса зоопланктона, как и численность, имела несколько пиков, определяемых главным образом развитием веслоногих, среди которых доминировали циклопы.

Детальные исследования зоопланктона на оз. Северное в течение 6 лет (2000–2005 гг.) позволили выявить сукцессии в сообществе зоопланктона, вызванные дополнительным поступлением в водоем биогенных веществ от погибшей в подледный период рыбы. Реакция планктона (фито-, зоо-) на дополнительный приток биогенов наступила на следующий год. Даже в подледный период 2002–2003 гг. было замечено «цветение» воды из-за массового развития золотистых, криптофитовых и синезеленых водорослей (Бондаренко, 2006). Основной причиной массового развития водорослей явился приток достаточно большого количества биогенов для фитопланктона. Иная ситуация складывалась в зоопланктоне. В подледный период (февраль–март) фауна планктона была представлена 5–8 видами. В течение всех 6 лет в планктоне присутствовали веслоногие *Diacyclops bicuspidatus*, *Eucyclops serrulatus*, *Eudiaptomus graciloides*, *Macrocyclus albidus*. Коловратки были разнообразны (5 видов) только в 1999 г. при большей численности *Testudinella patina*, *Keratella quadrata* и *Notholca squamula*. В 2002 г. число видов коловраток сократилось, отмечены только *Keratella quadrata* и *Philodina* sp., ракообразные представлены диаптомусом и циклопами при большом обилии *Diacyclops bicuspidatus*. Численность зоопланктона едва достигала 1 тыс. экз./м³ (табл. 2). В последующие (2003–2005) годы в подледном планктоне появились ветвистоусые *Daphnia pulex*, *Bosmina longirostris*, *Leydigia leydigii*, из коловраток присутствовали *Brachionus angularis* и *Philodina* sp. Численность зоопланктона колебалась от 4,6 до 10,0 тыс. экз./м³, максимальная плотность отмечена

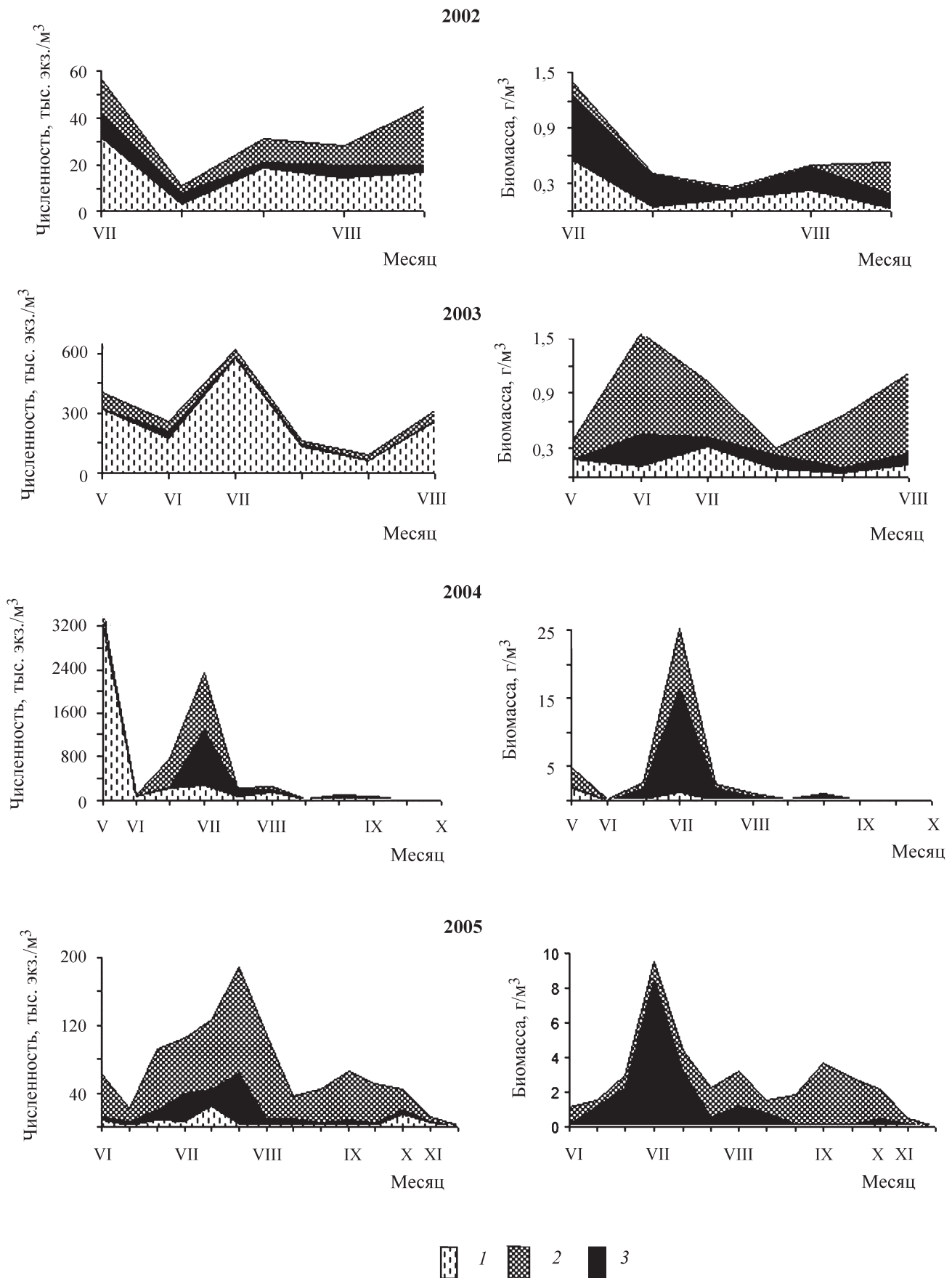


Рис. 3. Динамика численности и биомассы коловраток (1), ветвистоусых (2) и веслоногих (3) в 2002–2005 гг.

Таблица 2

Динамика численности (тыс. экз./м³) и биомассы (г/м³) зоопланктона

Год	Численность (период исследований)			Биомасса (период исследований)		
	II–III	VIII	VI–IX	II–III	VIII	VI–IX
1999	–	292,5	–	–	0,70	–
2000	–	36,6	34,0	–	0,52	0,60
2002	0,9	317,0	309,1	0,01	1,10	0,80
2003	10,0	130,0	645,5	0,53	0,63	3,60
2004	4,6	62,2	81,1	0,10	2,20	3,20
2005	5,2	101,1	107,5	0,13	1,60	1,90

Обозначение: «–» – отсутствие данных.

в 2003 г. (табл. 2). В период открытой воды 2000 г. отмечено резкое уменьшение количественных показателей. С 2002 г. отмечены и качественные изменения в сообществе зоопланктона: сократилось число видов, особенно среди коловраток и ветвистоусых (в 2 раза) (табл. 1). Из планктона выпали *Euchlanis triquetra*, *Asplanchna girodi*, виды родов *Synchaeta* и *Polyarthra*; ракообразные (*Daphnia galeata*, *Scapholeberis mucronata*, *Alona affinis*, *Thermocyclops crassus*). В планктоне появились новые виды: *Brachionus angularis*, *Daphnia pulex*, *Leydigia leydigii*, *Diacyclops bicuspidatus*. Наблюдаемая перестройка сообщества шла за счет увеличения численности *Filinia longiseta*, *Keratella quadrata*, *Brachionus angularis*, *Chydorus sphaericus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Eucyclops serrulatus*, которые составили структурообразующий комплекс зоопланктона. Более резкие изменения в сообществе зоопланктона произошли в 2003 г., когда его численность и биомасса достигли максимальных значений. В этот год при наименьших показателях прозрачности (из-за обильного развития в фитопланктоне синезеленых) максимальной численности достигли *Brachionus angularis*, *Chydorus sphaericus*, *Keratella quadrata*, *Eudiaptomus graciloides*. По мнению ряда авторов (Гусынская, 1989; Пашкова, 2003; Погожаев, Герасимова, 2001; Ривьер, 1993), эти животные живут, питаются и размножаются в водорослях – «пятнах цветения». По нашим данным к этой группе животных можно отнести *Bosmina longirostris* и *Daphnia pulex*. Массовое развитие *Mesocyclops leuckarti* можно

объяснить, по-видимому, наличием в планктоне мелких коловраток, которые входят в пищевой рацион этого рачка. К концу 2005 г. намечаются тенденции к восстановлению зоопланктонного сообщества. Прежде всего, возрастает видовое разнообразие (до 23 видов). Численность (107,5 тыс. экз./м³) и биомасса (около 2 г/м³) зоопланктона были на уровне 2004 г. (табл. 2). Ход сезонной динамики характеризовался несколькими пиками. Так, максимальную численность 250 тыс. экз./м³ и биомассу около 5 г/м³ обеспечивали веслоногие *Mesocyclops leuckarti* и *Eudiaptomus graciloides*. В сообществе зоопланктона увеличилась относительная роль последнего вида. В структурообразующем комплексе диаптомус соответствовал второму рангу по численности (рис. 2). В развитии коловраток отмечено 3 пика с максимумом в конце августа, обусловленных обильным развитием *Keratella quadrata*.

Таким образом, проведенные исследования зоопланктона оз. Северное выявили в его составе 63 таксона рангом ниже рода, из 10 отрядов, 22 семейств и 38 родов. Все обнаруженные виды коловраток и ракообразных ранее были отмечены в оз. Байкал, водохранилищах Ангаро-Енисейского каскада, в малых водоемах Прибайкалья. Поступление в озеро биогенов в связи с гибелью рыбы вызвало бурное развитие планктонных водорослей, что в свою очередь повлияло на изменение структурных и функциональных характеристик зоопланктона. Последнее выразилось, во-первых, в резком коле-

бании численности (34,0–645,5 тыс. экз./м³) и биомассы (0,6–3,6 г/м³) зоопланктона за период с 2000 до 2005 г. Во-вторых, качественная перестройка структуры сообщества, которая выражалась уменьшением разнообразия и заменой одних видов другими, особенно в группах коловратки и ветвистоусые. Лидирующее положение заняли коловратки (*Brachio-*

nus angularis, *Keratella quadrata*, *Filinia longiseta*) и ракообразные (*Mesocyclops leuckarti*, *Daphnia pulex*, *Chydorus sphaericus*). Возвращение сообщества к исходному состоянию продолжается.

Авторы приносят благодарность канд. биол. наук, доценту ИГПУ О.Г. Пеньковой за обсуждение и ценные замечания при подготовке рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аров И.В., Помазкова Г.И., Шевелева Н.Г., Кутикова Л.А. Коловратки // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Новосибирск, 2001. С. 329–376.
- Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных ракообразных // Общие основы изучения водных экосистем. Л., 1979. С. 169–172.
- Бондаренко Н.А. Фитопланктон озера Северного (Прибайкалье, Байкало-Ленский Государственный заповедник) // Тр. Байкало-Ленского заповедника. Иркутск, 2006. Вып. 4. С. 70–75.
- Гусынская С.Л. Пелагический зоопланктон // Беспозвоночные и рыбы Днепра и его водохранилищ. Киев, 1989. С. 21–44.
- Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л., 1969. Т. 1. 657 с.
- Коровякова И.В., Чубаров М.П., Шабурова Н.И. Гидрохимический анализ прибрежных озер Байкало-Ленского заповедника // Тр. Байкало-Ленского заповедника. Иркутск, 2001. Вып. 2. С. 42–47.
- Пашкова О.В. Этапы и особенности многолетней сукцессии зоопланктона пелагиали Каневского водохранилища // Гидробиол. журн. 2003. Т. 39. № 6. С. 42–56.
- Погожаев П.И., Герасимова Т.Н. Влияние зоопланктона на цветение микроводорослей при эвтрофировании вод // Водные ресурсы, 2001. Т. 28. № 4. С. 461–469.
- Ривьер И.К. Современное состояние зоопланктона Рыбинского водохранилища // Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. СПб., 1993. С. 205–232.
- Федоров В.Д. Первичная продукция как функция структуры фитопланктонного сообщества // ДАН СССР. 1970. Т. 192. № 4. С. 901–904.
- Шевелева Н.Г. Ветвистоусые (Ctenopoda, Anomopoda, Harporoda, Onychopoda) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Новосибирск, 2001. С. 491–509.
- Шевелева Н.Г., Шабурова Н.И., Аров И.В., Пенькова О.Г., Макаркина Н.В. Разнообразие и структура зоопланктона малых озер Прибайкалья // Особо охраняемые природные территории и сохранение биоразнообразия Байкальского региона. Иркутск, 2001. С. 48–55.
- Шевелева Н.Г., Шабурова Н.И. Синдинамика сообщества коловраток в озере Северном // Коловратки. Тез. и матлы IV Междунар. конф. по коловраткам. Борок, 2005. С. 331–340.
- Ruttner-Kolisko A. Suggestions for Biomass calculation of Plankton Rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. 1977. Vol. 8. P. 71–76.

Поступила в редакцию 11.02.13

ZOOPLANKTON SUCCESSION IN LAKE SEVERNOYE AFTER WINTERKILL UNDER ICE (NORTH-WESTERN COAST OF BAIKAL)

N.I. Shaburova, N.G. Sheveleva

The results of long-term observations (1998–2005) of zooplankton of Lake Severnoye located in the Baikal-Lensky Reserve are given in the paper. The species composition, structure forming complex, abundance and biomass of zooplankton were studied before (1998–1999) and after the ice fish kill (2000–2005). The input of nutrients due to the fish mortality caused the “bloom” of the lake which influenced the changes of structural and functional characteristics of zooplankton.

Key words: zooplankton, species diversity, structure, north-western coast of Baikal.

Сведения об авторах: Шабурова Наталья Ивановна – вед. науч. сотр. государственного природного заповедника Байкало-Ленский, канд. биол. наук (snash19@yandex.ru); Шевелева Наталья Георгиевна – ст. науч. сотр. Лимнологического института СО РАН, канд. биол. наук (shevnl@lin.irk.ru).