

УДК 551.48.1.591.524.12

Состав и структура зоопланктона озера Котокельское

Н.Г. Шевелева^{а*}, И.Ф. Кривенкова^б

^а Лимнологический институт СО РАН,
Россия 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3

^б Забайкальский государственный
гуманитарно-педагогический университет
им. Н.Г. Чернышевского,
Россия 672007, Чита, ул. Бабушкина, 129 ¹

Received 3.09.2010, received in revised form 10.09.2010, accepted 17.09.2010

Представлены материалы по зоопланктону озера Котокельского, которое находится в непосредственной близости от Байкала. Определен таксономический состав, показатели биоразнообразия и структуры, сезонная и пространственная динамика зоопланктона в подледный и период открытой воды. Приведена сравнительная характеристика видового состава и количественных показателей зоопланктона с данными за 1966, 1979, 1986 гг. (Антипова, Помазкова, 1971; Сорокина, 1982; Дзюменко, 1988). Данные по зоопланктону (разнообразие, количество видов-индикаторов трофности, число видов в структурообразующем комплексе, индекс разнообразия по биомассе, максимальная и средняя численность и биомасса; ход кривой сезонной динамики), полученные в результате наших исследований, подтверждают эвтрофный тип озера.

Ключевые слова: зоопланктон, структурообразующий комплекс, пространственная и сезонная динамика, трофность.

Введение

Озеро Котокельское находится на восточном побережье Среднего Байкала в 2-3 км от него, между устьями рек Турка и Кика (рис.1). Площадь водного зеркала 69 км², длина по прямой линии 15 км, наибольшая ширина 6 км, средняя глубина 3,5 м. В северной части озера находится каменистый остров Монастырский, в проливе между островом и западным берегом проходит глубокая борозда с максимальными глубинами до 16 м (Халбаева, Коннова, 1988). По гидрохимическим

и гидробиологическим показателям озеро Котокельское относится к эвтрофному типу (Дзюменко, 1988; Полонных, 1988).

Первые рекогносцировочные исследования на озере Котокельском, включая и краткие сведения о зоопланктоне, были проведены в 1935 г. (Кожов, 1938). Наиболее полные данные (список видового состава коловраток и ракообразных; сезонная динамика численности и биомассы, доминирующий комплекс) за период открытой воды июнь-август 1966 г. и подледный период 1967 г. (март) и 1968 г.

* Corresponding author E-mail address: shevn@lin.irk.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

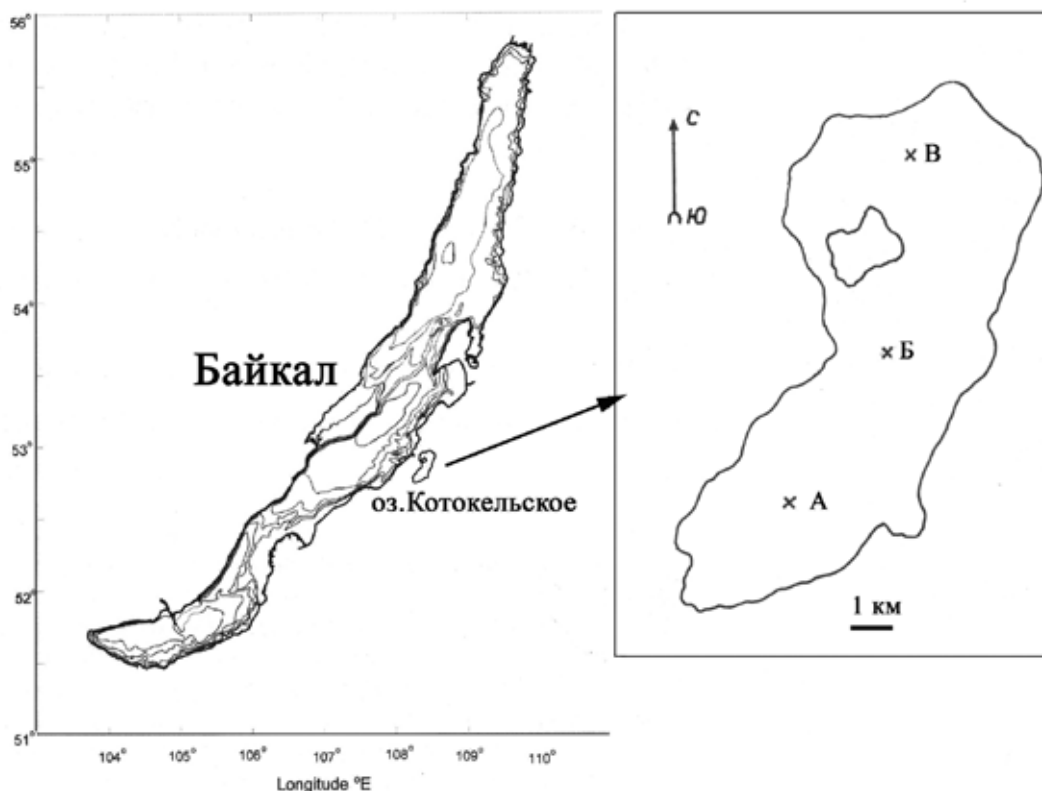


Рис. 1. Карта-схема озера Котокельское и точки отбора проб: А – южная часть; Б – центральная; В – северная

(февраль) выполнены Г.И. Помазковой (Антипова, Помазкова, 1971). Последующие работы на озере Котокельском проводили для изучения продукции зоопланктона (Сорокина, 1982; Дзюменко, 1988).

Цель данной работы – на основе структурных и количественных показателей зоопланктона оценить современное состояние и трофность озера.

Объект, материалы и методы

Озеро Котокельское мелководное, слабопроточное; глубины до 2 м занимают 23 % площади, от 2 до 4 м – 41 %. В прошлом оно могло быть заливом Байкала и обособилось от него вследствие понижения уровня. Большая часть ложа (58 %) выстлана тонкими илами и только 24 % площади дна покрыта мелкозернистым заиленным песком (Хал-

баева, Коннова, 1988). В озере хорошо развита высшая водная растительность. Вдоль восточного берега сплошной полосой растет камыш и рогоз, относительно большая площадь в южной части озера заросла рдестами, роголистом.

В силу мелководности вода в озере весной быстро прогревается, в начале июня поверхностные слои уже были прогреты до 15-16 °С. Относительно высокая температура воды держалась до конца августа (17,0-19,5 °С). Максимальная температура воды на мелководье отмечена в конце июля – на уровне 24,5 °С. Мелководность озера способствовала отсутствию температурной стратификации. Температурный режим характеризуется интенсивным прогреванием толщи воды в летний период; так, на станции, где глубина достигала 16 м, в июле и августе слои воды

были прогреты равномерно, разница температуры между поверхностью и придонными слоями составляла лишь 0,2 °С. Судя по данным прозрачности, в озере в период наших исследований очень развит бактерио- и фитопланктон. Так, прозрачность воды на мелководье была не выше 30-40 см, а над глубоководной станцией – 60-70 см.

Представлены материалы по зоопланктону, собранные в подледный период (март 2009 г.) и в период открытой воды: 6 июня, 6 июля, 26 июля и 26 августа 2009 г. Для сравнения приведены данные разовых проб, собранных в июле 2008 г. Пробы были собраны сетью Джели с диаметром входного отверстия 30 см (конус из мельничного газа 70 мкм) на трех точках, характеризующих южную, центральную, северную части озера (рис. 1). Одновременно проводили измерения температуры и прозрачности воды. Структура ценозов оценивалась с помощью индекса видового разнообразия (H, бит) по численности и биомассе зоопланктона (Мэгаранн, 1992).

Для оценки трофности озера по зоопланктону рассчитаны следующие показатели структуры: N – общая численность зоопланктона; B – общая биомасса зоопланктона; Ncop. – численность копепоид; NCl – численность ветвистоусых; Nrt – численность коловраток; соотношение коловраток, ветвистоусых и копепоид Rt:Cl:Cop (% от общей численности), (Андроникова, 1980; 1996; Китаев, 2007).

Обработку планктонных проб проводили по стандартным гидробиологическим методикам. Средние значения массы тела ракообразных и коловраток рассчитывали по уравнению $w = gL^b$ (Балушкина, Винберг, 1979; Ruttner-Kolicko, 1977).

Для выделения структурообразующего комплекса использована функция рангового распределения относительного обилия видов. Структурообразующими видами считали

представителей с относительной численностью >5 %.

Результаты

По результатам исследований, выполненных в 2008-2009 гг. (для более полного представления о составе в список видов включены данные за июль 2008 г.), в зоопланктоне выявили 43 вида из 31 рода, 16 семейств, 7 отрядов и 3 классов. Самой разнообразной оказалась группа Rotifera – 23 вида из 11 родов, 7 семейств, что составило немногим более 50 % от всего состава. Второй по обилию таксонов была группа Cladocera – 13 видов из 11 родов и 5 семейств. Группа Copepoda насчитывала только 7 видов из 6 родов и 1 семейства (табл. 1).

В исследованный период наибольшее число видов отмечено у коловраток в родах *Trichocerca* – 6 и *Synchaeta* – 3 (табл. 1). Также необходимо отметить, что в настоящее время, как и в 1966 г. (Антипова, Помазкова, 1971), среди ветвистоусых в планктоне присутствует и доминирует *Daphnia* sp. Нахождение в озере *Daphnia longispina hyalina* и *Daphnia cucullata*, как указывают ряд авторов (Антипова, Помазкова, 1971; Дзюменко, 1988), вызывает сомнение. В настоящий момент мы затрудняемся определить видовой статус дафнии; на наш взгляд, это гибрид *Daphnia galeata* × *Daphnia cucullata*. У данного вида имеются следующие признаки *Daphnia galeata*: наличие глазка (очень маленький, но имеется!), антеннулы находятся на значительном отдалении от кончика носа (как минимум на длину эстетасков). Также обнаружены и признаки *Daphnia cucullata*: «медиаальный гребень» невелик и расположен между антеннулами, голова очень большая и составляет ½ длины тела. Для полной идентификации вида дафнии нужны данные молекулярного анализа.

Таблица 1. Видовой состав зоопланктона озера Котокельское

Таксон	Годы исследования	
	1966-1968*	2008-2009
1	2	3
Тип Rotifera		
Класс Eurotatoria De Ridder, 1957		
П/ класс Eurotatoria Bartos, 1957		
Отряд Saetiramida Markevich, 1990		
Семейство Trichocercidae Remane, 1933		
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank, 1802)	-	+
<i>T. tenuior</i> (Gosse, 1886)	-	+
<i>T. capucina</i> (Wierz. Et Zach., 1893)	+	+
<i>T. cylindrica</i> (Imhof, 1891)	+	+
<i>T. multirinis</i> (Kellicott, 1897)	+	+
<i>T. similis</i> (Wierzejski, 1893)	-	+
Семейство Synchaetidae Remane, 1933		
<i>Synchaeta grandis</i> Zacharias, 1893	-	+
<i>S. tremula</i> (Muller, 1786)	-	+
<i>S. oblonga</i> Ehrenberg, 1831	-	+
<i>S. sp.</i>	+	-
<i>Polyarthra major</i> Burckhardt, 1900	+	+
<i>P. vulgaris</i> Carlin, 1943	+	-
<i>P. dolichoptera</i> Idelson, 1925	+	+
Отряд Saltiramida Markevich 1989		
Семейство Asplanchnidae Haring et Myers, 1926		
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	+
Отряд Transversiramida Markevich, 1990		
Семейство Euchlanidae Bartoš , 1959		
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	+	+
<i>E. lyra</i> Hudson, 1886	-	+
Семейство Brachionidae Wesenberg-Lund, 1899		
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	+	-
<i>Keratella cochlearis tecta</i> (Gosse, 1851)	-	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+
<i>K. quadrata</i> (Muller, 1786)	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	-	+
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)	+	-
<i>N. squamula</i> (Muller, 1786)	-	+
П/ класс Eurotaria Bartoš, 1959		
Отряд Protoramida Markevich, 1989		
Семейство Conochilidae Remane, 1933		
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank 1803)	+	+
Семейство Testudinellidae Haring, 1913		
<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	+	+

Продолжение табл. 1

1	2	3
Семейство Filiniidae Haring et Myers, 1926		
<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)	+	+
Отряд Paedotrochida Markevich, 1990 Семейство Collothecidae Haring, 1913 <i>Collotheca sp.</i>	+	+
Тип Arthropoda Класс Crustacea Pennant, 1777 II/ класс Branchiopoda Latreille, 1816 н/отряд Cladocera Отряд Степорода Sars, 1865 Семейство Sididae Baird, 1850 <i>Sida crystallina</i> (O.F. Muller, 1776)	+	+
Отряд Аномопода Sars, 1865		
Семейство Daphniidae Straus, 1820		
<i>Simocephalus vetuloides</i> , Sars, 1898	-	+
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars 1862	+	+
<i>Daphnia cucullata</i> Sars 1862	+	-
<i>Daphnia sp.</i>	-	+
Семейство Плуокрытиды Smirnov, 1992		
<i>Плуокрытис агилис</i> Kurz, 1874	-	+
Семейство Чыдориды Dybowski et Grochowski, 1894		
<i>Pleuroxus uncinatus</i> Baird, 1850	-	+
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	-	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (Muller, 1785)	-	+
<i>Alona rectangula</i> Sars 1862	+	+
<i>A. affinis</i> (Leydig, 1860)	-	+
<i>Rhynchotalona falcata</i> (Sars, 1862)	+	-
<i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862	+	+
Семейство Ворминиды Sars, 1865		
<i>Bosmina longirostris</i> (Muller, 1785)	+	+
<i>B. (E.) longispina</i> Leydig, 1860	+	-
Отряд Напловода Sars, 1865		
Семейство Лептодориды Lilljeborg, 1861		
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	+
Класс Махиллопода Edwards, 1840		
II/ класс Соперода Edwards, 1840		
Отряд Суклопоида Burmeister, 1834 II/ семейство Еусуклопины Кiefer, 1927 <i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	-	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer 1851)	+	+
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	-	+

Окончание табл. 1

1	2	3
П/ семейство Cyclopinae Burmeister, 1834 <i>Cyclops vicinus</i> Uljan, 1875	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	+	+
<i>Acanthocyclops</i> sp.	+	-
<i>Microcyclops</i> sp.	-	+

* Данные согласно (Антипова, Помазкова, 1971).

Интересной особенностью является отсутствие в данном озере видов отряда Calanoida. По мнению многих авторов (Бушман, Первозванская, 1981; Вежновец, 1981; Андроникова, 1996; Faafeng, Nilssen, 1981), виды этого отряда более чувствительны среди Соперода к процессу эвтрофирования и в этих условиях раньше других начинают сокращать свою численность или отсутствуют. Разнообразие коловраток и ракообразных было больше в северной и центральной частях озера (табл. 2), но многие виды здесь встречались единично. В южной части озера, при относительно меньшем числе видов, но большем их обилии, максимальная (2,42 бит) и средняя величины индекса разнообразия по численности (2,01 бит) были выше по сравнению с подобными данными для северной (2,37 бит и 1,75 бит) и центральной (2,17 бит и 1,88 бит) частей озера (табл. 2).

При относительно большом разнообразии коловраток и ракообразных только у 13 видов – *C. vicinus*, *M. leuckarti*, *T. crassus*, *D. sp.*, *D. rostrata*, *P. complanata*, *K. cochlearis*, *K. cochlearis tecta*, *K. quadrata*, *S. oblonga*, *A. priodonta*, *S. tremula*, *N. squamula* – численность и биомасса составляли более 5 % от общих количественных характеристик зоопланктонного сообщества. Доминирующее ядро планктонного комплекса, как правило, состояло из 3-4 видов на всех участках озера. Ис-

ключением стали наблюдения в начале июня, когда в южной и центральной частях озера структурообразующий комплекс был представлен 5 видами (рис. 2). В его ядро одновременно входили как зимне-весенние виды (*C. vicinus*, *S. tremula*, *A. priodonta*), так и летние теплолюбивые (*M. leuckarti*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*).

В 2008 г. в июле структурообразующий комплекс по численности состоял из трех видов ракообразных: *Ch. sphaericus* (61 %), *M. leuckarti* (24 %), *D. sp.* (9 %). Эти виды также определяли биомассу зоопланктона. Коловратки были представлены 12 видами, но численность ни одного из перечисленных видов не превышала 5 % от общей численности зоопланктона. Среди коловраток относительно многочисленными были *T. capucina*, *T. longiseta*, *T. tenuis*, *P. complanata*, *K. cochlearis*.

Сезонная динамика. В табл. 2 отражена динамика относительной численности групп зоопланктона в разные сроки наблюдения. Подледный зоопланктон в марте 2009 г. был чрезвычайно беден как качественно, так и количественно. В его составе было обнаружено 6 видов коловраток (*S. oblonga*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *N. squamula*, *P. dolichoptera*, *K. longispina*) и один рачок (*C. vicinus*). Структурообразующее ядро на 60 % составляла *K. cochlearis*. На зимне-весенние формы приходилось 30 % общей численности (*C. vicinus*

Таблица 2. Показатели структуры и биоразнообразия зоопланктона в оз. Котокольское, 2009 г.

Показатели	Южная часть			Центральная часть			Северная часть					
	6.06	6.07	26.07	26.08	6.06	6.07	26.07	26.08	6.06	6.07	26.07	26.08
Кол-во видов	12	9	9	14	10	13	12	16	10	13	12	16
N (Rt:Cl:Cor)*	57:1:42	26:5:69	27:2:71	50:8:42	27:1:72	64:9:27	27:2:71	56:17:27	27:1:72	64:9:27	27:2:71	56:17:27
N _н (бит)	2,42	2,42	1,37	1,84	1,49	2,37	1,10	2,05	1,49	2,37	1,10	2,05
H _в (бит)	2,17	1,75	1,76	2,43	1,35	2,02	0,88	1,59	1,94	2,0	1,8	1,82
W (мг, 10 ⁻³)	2	10	9	7	6	8	10	7	6	8	9	7

Примечание: N (Rt:Cl:Cor)* - соотношение таксономических групп (% от общей численности); N_н - индекс разнообразия по численности; H_в - индексе разнообразия по биомассе; W (B/N) - средняя индивидуальная масса зоопланктона в сообществе.

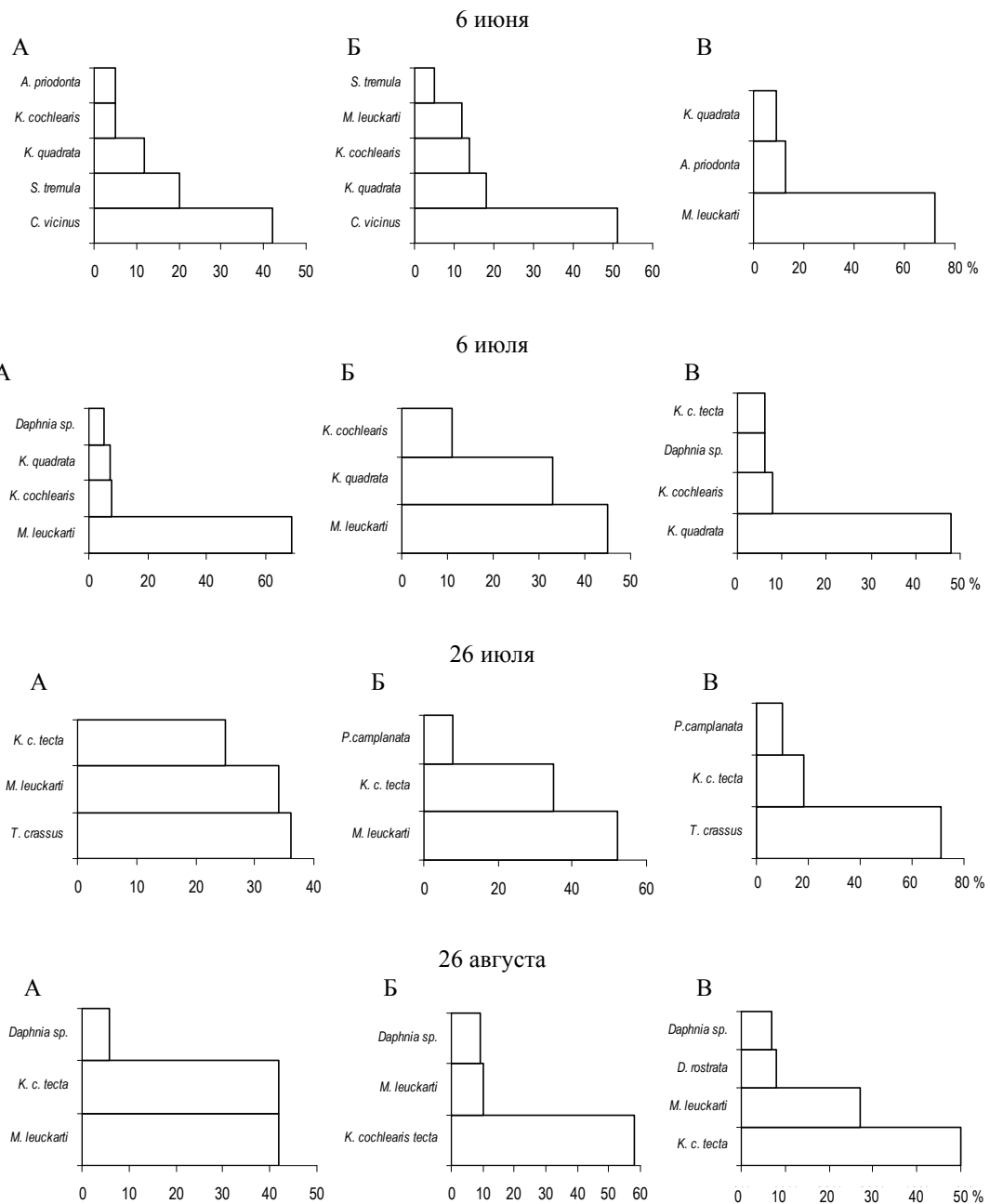


Рис. 2. Динамика структурообразующего комплекса зоопланктона в 2009 г.: А– южная часть; Б – центральная; В – северная

15 %, *N. squamula* 10 %, *S. oblonga* 5 %). Численность зоопланктона в этот период колебалась от 0,1 до 1 тыс. экз/м³.

В начале июня вода уже прогрелась до 16 °С. Состав резко изменился, он обогатился в основном за счет коловраток, также изменился и руководящий комплекс зоопланктона. Доминирующее ядро составляли 3-5 видов (рис. 2) при доминировании *C. vicinus* в центральной и южной частях озера. В северной части озера ядро имеет 3 вида, при абсолютном доминировании *M. leuckarti* – до 70 %. Также необходимо отметить только в этот период относительное обилие в южной и северной частях озера *A. priodonta* (5 и 13 % соответственно). Численность зоопланктона в северной, центральной и южной частях в начале июня была максимальной (454, 310 и 666 тыс. экз/м³ соответственно) по сравнению с подобными данными последующих месяцев.

С начала июля и до конца августа структурообразующий комплекс на всей акватории озера представляли теплолюбивые коловратки и ракообразные, среди которых лидирующее положение занимал *T. crassus*, *M. leuckarti*, *K. cochlearis tecta* (рис. 2). Также увеличилась относительная численность *D. sp.* (5-6 % общей численности). Из коловраток в планктоне появилась и вошла в доминирующее ядро *P. complanata* и *K. cochlearis tecta*. Численность и биомасса уменьшились по сравнению с июнем. Так, количество зоопланктона сократилось почти в 3 раза и в среднем по озеру составляло 142 тыс. экз/м³, максимальная биомасса не превышала 2 г/м³ и в среднем по озеру была 1,2 г/м³. В конце июля температура воды в озере была максимальной, на северном участке 22 °С и 25 °С – на юге озера. На всех участках озера доминантное ядро состояло из 3 видов, и одной из них была *K. cochlearis tecta*. Относительная

численность этой коловратки от 18 до 35 % (рис. 2). Из ракообразных большая плотность была у *M. leuckarti* и *T. crassus*, последний вид также является индикатором эвтрофных вод (Андроникова, 1996). Количественные показатели были немногим выше, чем в начале июля, численность (188 тыс. экз/м³) за счет обильного развития коловраток, особенно *K. cochlearis tecta*. Интегральная кривая биомассы имела два пика (рис. 3) с максимумом около 2 г/м³ в конце июля за счет старших копепоидитных стадий и половозрелых циклопов.

В конце августа разнообразие зоопланктона увеличилось главным образом за счет ветвистоусых. Нижняя граница относительной численности видов ветвистоусых *D. sp.* на всех участках озера, а *D. rostrata* в северной части, была более 5 % (см. рис. 2). Плотность и биомасса зоопланктона в этот срок были минимальными за период открытой воды. Низкие значения биомассы обусловлены в основном доминированием в планктоне (от 42 до 58 %) мелкой коловратки *K. cochlearis tecta*. Средняя индивидуальная масса зоопланктонов колебалась от 0,002 до 0,01 мг (табл. 2), эти значения соответствуют показателям эвтрофных вод (Крючкова, 1987; Андроникова, 1996).

Горизонтальное распределение численности и биомассы по акватории озера во все периоды наблюдений характеризовалось неравномерностью. Большие значения количества зоопланктона отмечены в северной и южной частях озера. При относительно равной за период открытой воды средней численности зоопланктона на южном и северном участках (263 и 287 тыс. экз/м³ соответственно) биомасса зоопланктона, как максимальная (3,1 г/м), так и средняя (2,2 г/м³), была выше на севере озера. Это связано с абсолютными и относительными показателями

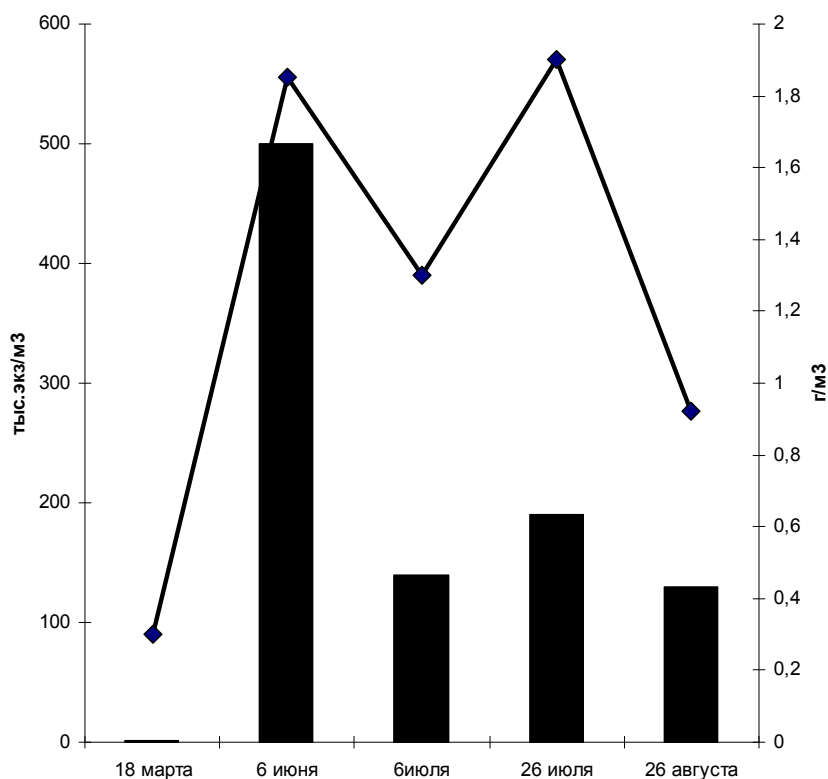


Рис. 3. Сезонная динамика интегральной численности и биомассы зоопланктона в 2009 г. (столбцы – численность, сплошная линия – биомасса)

ми численности ракообразных *M. leuckarti*, *D. sp.*, *T. crassus*, *D. rostrata* в сообществе, которые определяли биомассу зоопланктона.

Обсуждение

В настоящее время разнообразие зоопланктона пополнилось за счет коловраток *T. longiseta*, *T. tenuior*, *T. similis*, *S. grandis*, *S. tremula*, *S. oblonga*, *K. cochlearis tecta*, *N. squamula* и ракообразных *P. uncinatus*, *D. rostrata*, *Ch. sphaericus*, *I. agilis*, *S. vetuloides*, *M. albidus*, *P. fimbriatus*. В связи с обильно развитой высшей водной растительностью большая часть обитающих коловраток и ракообразных являются фитофилами. Несмотря на более длительные исследования прошлых лет (1966-1968 и 1986 гг.), наши данные позволили расширить список на 15 видов, особенно

в группах коловраток и ветвистоусых, – по 8 и 5 видов соответственно, по сравнению с данными прошлых лет (Антипова, Помазкова, 1971; Дзюменко, 1988).

Структурообразующий комплекс зоопланктонного сообщества представлен 13 видами. В марте и в начале июня доминантами были зимние виды *C. vicinus*, *S. oblonga*, *S. tremula*, *A. priodonta*, *N. squamula*. В июле-августе по численности в планктоне преобладали теплолюбивые коловратки и ракообразные: *D. sp.*, *T. crassus*, *M. leuckarti*, *K. cochlearis tecta*, *K. cochlearis*, *P. complanata*, *K. quadrata*. Необходимо отметить, что перечисленные ракообразные и коловратки являются индикаторами эвтрофных вод (Мяэмэтс, 1980; Андроникова, 1996).

Ядро доминирующих видов, как правило, характеризуется небольшим числом (3-4),

исключение составили подледный и весенний периоды на юге и в центральной части озера, когда доминирующий комплекс состоял из 5 видов. По данным И.Н. Андрониковой (Андроникова, 1996), эвтрофные водоемы характеризуются небольшим числом (5-6) структурообразующих видов. С июля по август в озере доминировали (до 80 % всей численности) виды-индикаторы эвтрофных вод: *M. leuckarti*, *T. crassus*, *K. cochlearis tecta*.

Полученные в течение исследуемого периода низкие значения индекса видового разнообразия как по численности 1,1 бит – 2,42 бит, так и по биомассе 0,65 бит – 2,02 бит (табл. 2) характерны для эвтрофных водоемов (Андроникова, 1980; 1996; 2007; Ривьер, 1991).

Сезонная динамика численности на всех участках озера характеризуется одновершинной кривой с пиком в начале июня. В течение периода исследований (март-конец августа) биомасса зоопланктона на участках озера имела несколько пиков и спадов, что объясняется наличием организмов с партеногенетическим размножением, а также обильным развитием теплолюбивых коловраток. Соотношение относительной численности таксонов более высокого ранга, чем вид (тип Rotifera, надотряд Cladocera, отряд Cyclopoida), показало, что в сообществе зоопланктона в большинстве случаев доминируют коловратки. Известно, что с повышением трофического уровня происходит увеличение численности Rotifera и Cladocera.

Количественные показатели зоопланктона были неоднородны, они изменялись как во времени, так и по акватории озера. Численность зоопланктона за период исследований имела несколько пиков, максимальная численность фауны коловраток и ракообразных отмечена в начале июля. Минимальная численность (0,1 тыс. экз/м³) и биомасса (0,02 г/м³) приходилась на подледный период. Во все

сроки наблюдений наибольшая плотность и биомасса зоопланктона отмечены в северной части озера, за исключением начала июня, когда в южной части численность зоопланктона была в 1,4 раза выше, чем в северной.

При сравнении количественных показателей зоопланктона предыдущих лет 1966, 1979, 1986 гг. (Антипова, Помазкова, 1971; Сорокина, 1982; Дзюменко, 1988) с данными за 2008 и 2009 гг. (табл. 3) отмечаем, что численность зоопланктона практически не изменилась. Исключение составляет 2008 г., когда плотность зоопланктона была на порядок меньше. Низкие данные по численности, по-видимому, объясняются отсутствием коловраток в доминирующем комплексе в этом году. Биомасса зоопланктона за 2009 г. снизилась по сравнению со всеми предыдущими годами. Уменьшение биомассы связано с перестройкой в доминирующем комплексе зоопланктона, хотя в целом видовой состав остался прежним. В период наших исследований (июль-август) в планктоне лидировали *K. cochlearis tecta* (50 % от общей численности), *M. leuckarti* (29 %) и *D. sp.* (7 %). А в 1966 г. (Антипова, Помазкова, 1971) доминантное ядро составляли ракообразные *M. leuckarti*, *T. crassus*, *D. sp.*, *C. vicinus*, *A. priodonta*, *E. dilatata*. В 1986 г. за этот же период ядро планктона составляли ракообразные; так, относительная численность *M. leuckarti* была 79 %, *D. cuculata* 10 %, коловраток было 11 % от общей численности зоопланктона (Дзюменко, 1988).

Структурные и количественные данные зоопланктона, полученные в результате наших исследований, показали, что в озере Котокельском продолжается процесс эвтрофирования. Так, структурообразующий комплекс состоял из видов-индикаторов эвтрофных вод; низкие значения индивидуальной массы связаны со значительным преобладанием в сообществе зоопланктона коловраток (табл. 2), которые

Таблица 3. Сравнительная характеристика численности и биомассы зоопланктона (июль-август) в озере Котокельское

Количественные показатели зоопланктона	(Антипова, Помазкова, 1971)	(Сорокина, 1982)	(Дзюменко, 1988)	Собственные данные	
	1966 г.	1979 г.	1986 г.	2008 г.	2009 г.
Численность (тыс. экз/м ³)	200,1	100,0	234,0	54,3	153,6
Биомасса (г/м ³)	1,7	2,8	1,9	1,9	1,5

доминировали по численности почти на всем протяжении периода открытой воды. Численность зоопланктона колебалась от 0,1 до 666 тыс. экз/м³, т.е. амплитуда значений биомассы в годовом цикле была высокой – 100:1 (отношение В летн/В зимн).

Менее информативным показателем для оценки трофности стала биомасса зоопланктона, как максимальная (2,2 г/м³), так и средняя по озеру за период открытой воды (1,5 г/м³), что не соответствовало эвтрофным водам по «шкале трофности» (Китаев, 2007). Столь низкие значения биомассы зоопланктона при высоких численностях (максимальной 666 тыс. экз/м³ и средней по озеру 235 тыс. экз/м³) можно объяснить преобладанием в доминантном комплексе мелких коловраток (*K. cochlearis tecta*, *K. cochlearis*, *P. complanata*, *K. quadrata*, *S. tremula*) и ракообразных (*T. crassus*, *M. leuckarti*, *D. rostrata*).

Таким образом, большинство показателей зоопланктона соответствует величинам, отмечаемым для эвтрофных водоемов, что подтверждается показателями развития фитопланктона (Белых и др., 2010).

Заключение

Состав зоопланктона озера Котокельское пополнился на 15 видов по сравнению с предыдущими годами и представлен 43 таксонами, рангом ниже рода. Из них веслоногих – 7 видов, ветвистоусых – 13 и 23 – коловраток.

В структурообразующий комплекс зоопланктона за март–август 2008–2009 гг. входили 13 видов: *K. cochlearis*, *K. cochlearis tecta*, *K. quadrata*, *N. squamula*, *S. oblonga*, *S. tremula*, *A. priodonta*, *P. complanata*, *Daphnia* sp., *D. rostrata*, *M. leuckarti*, *T. crassus*, *C. vicinus*. Большая часть (54 %) из них является показателями эвтрофных вод. Распределение зоопланктона по акватории озера неоднородно, наибольшие качественные и количественные показатели отмечены в северной части. Так, за период открытой воды показатели средней численности и биомассы в северной части были 287 тыс. экз/м³ и 2,2 г/м³ против таковых в центральной и южной частях – 154 тыс. экз/м³ и 1,1 г/м³ и 263 тыс. экз/м³ и 1,3 г/м³ соответственно.

В целом по озеру за июль–август численность зоопланктона была 235 тыс. экз/м³ и биомасса 1,53 г/м³. Средние значения индекса видового разнообразия за период открытой воды были 1,88 бит по численности и 1,5 бит по биомассе.

Качественные (видовой состав с преобладанием видов-индикаторов эвтрофных вод) и количественные (структурные; индексы разнообразия по численности и биомассе; максимальная и средняя численность; низкие индивидуальные массы; одновершинный ход сезонной динамики) показатели зоопланктона озера Котокельское характерны для эвтрофных водоемов.

Авторы выражают искреннюю благодарность д.б.н. Н.М. Пронину за содействие в работах по озеру Котокельскому, а также за помощь в отборе проб научным сотрудникам к.б.н. ИОЭБ СО РАН Н.В. Базовой, Д.В. Матафонову. Работа выполнена при поддержке «Комплексной эколого-биологической экспедиции по изучению экосистемы оз. Котокельское», 2009 г., и Министерства природных ресурсов Республики Бурятия (МПР РБ) по контракту с ИОЭБ СО РАН.

Список литературы

- Андроникова И.Н. (1980) Изменения в сообществе зоопланктона в связи с процессом эвтрофикации. В: Эвтрофирование мезотрофного озера, с. 78-99.
- Андроникова И.Н. (1996) Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука. 190 с.
- Андроникова И.Н. (2007) Оценка информативности показателей зоопланктона как биоиндикатора в мониторинге озерных экосистем. В: Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем, с. 212-216.
- Антипова Н.Л., Помазкова Г.И. (1971) О планктоне оз. Котокель. В: Исследование гидро-биологического режима водоемов Восточной Сибири, с. 27-39.
- Балушкина Е., Винберг Г.Г. (1979) Зависимость между массой и длиной тела у планктонных ракообразных. В: Общие основы изучения водных экосистем, с. 169-172.
- Белых О.И., Сороковикова Е.Г., Калюжная О.В., Федорова Г.А., Данилова Э.В. (2010) Видовой состав планктонных цианобактерий озера Котокельского (Бурятия) в период токсичного «цветения» 2009 г. В: Современные проблемы гидроэкологии: Тезисы докладов 4-й Международной научной конференции, посвященной памяти профессора Г.Г. Винберга. СПб., с.22.
- Бушман Л.Н., Первозванская Н.П. (1981) Изменения в структуре и продукции зоопланктона в Сязозере в процессе антропогенного эвтрофирования. В: Круговорот вещества и энергии в водоемах. Элементы биотического круговорота. Вып.2, Иркутск, с. 65-66.
- Вежновец В.В. (1981) Биологическая характеристика популяции реликтового планктонного рачка *Limnocalanus macrurus* Sars в связи с эвтрофированием озера. В: Круговорот вещества и энергии в водоемах. Элементы биотического круговорота. Вып.2, Иркутск, с. 67.
- Дзюменко З.М. (1988) Продуктивность зоопланктона озера Котокель. В: Биопродуктивность эвтрофных озер Ирканы и Котокель бассейна озера Байкал. Вып. 279, с. 78-87.
- Китаев С.П. (2007) Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 394 с.
- Кожов М.М. (1938) Оз. Котокель (гидробиологический очерк). Изв. БГНИИ при Иркутском ун-те. Иркутск, т. VIII, вып.1-2.
- Крючкова Н.М. (1987) Структура сообщества зоопланктона в водоемах разного типа. В: Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем, с. 184-198.
- Мэгарран Э. (1992) Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 180 с.
- Мязметс Ф.Х. (1980) Изменения зоопланктона. В: Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, с. 54-64.
- Полонных А.К. (1988) Фитопланктон озер Ирканы, Котокель и его продукция. Сборник научных трудов. Вып. 279, с. 17-26.

Ривьер И.К. (1991) Зоопланктон оз. Неро. В: Современное состояние экосистемы оз. Неро. Рыбинск, с. 74-108.

Сорокина А.А. (1982) Продукция зоопланктона оз. Котокель (бассейн оз. Байкал). В: Проблемы экологии Прибайкалья. Мониторинг сообществ водных животных. Иркутск, с. 24-25.

Халбаева Т.В., Коннова Р.П. (1988) Физико-географическая характеристика озер Иркана и Котокель. В: Биопродуктивность эвтрофных озер Иркана и Котокель бассейна озера Байкал. Вып. 279, с. 5-16.

Faafeng B.A., Nilssen I.P. (1981) A twenty-year study of eutrophication in a deep, softwater lake. Verh. Intern. Ver.Theor. Angew. Limnol. 21 (1): 412-424.

Ruttner-Kolisko A. (1977) Suggestion for biomass calculation of planktonic rotifers. Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol. Bd.8: 71-78.

Composition and Structure of Lake Kotokel

Natalia G. Sheveleva^a and Irina F. Krivenkova^b

^a *Limnological Institute SB RAS,*

3 Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033 Russia

^b *Zabaikalye State Humanitarian Pedagogic University,*

129 Babushkin st., Chita, 672007 Russia

This paper presents results on zooplankton studies of Lake Kotokel which is located in the immediate vicinity of Lake Baikal. The authors studied taxonomic composition, biodiversity, structure, seasonal and spatial dynamics of zooplankton during ice and free-ice periods. Data on species composition and quantitative parameters of zooplankton were compared with those obtained for 1966, 1979 and 1986 (Antipova, Pomazkova, 1971; Sorokina, 1982; Dzyumenko, 1988). Results of zooplankton research (diversity, a number of species-indicators of trophic level, a number of species in the structure-forming complex, biomass diversity, maximal and average abundance and biomass, and a curve of seasonal dynamics) confirm that Lake Kotokel is of a mesotrophic type.

Keywords: zooplankton, structure-forming complex, spatial and seasonal dynamics, trophic level.
