

# ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕР АЛТАЯ

Бурмистрова О.С., Ермолаева Н.И.

Проведены исследования состава зоопланктонного сообщества 14 высокогорных озер различных районов Горного Алтая. Проведен кластерный анализ видового сходства озер и определен их трофический статус. Выявлено, что для видового состава определяющими оказались морфологические характеристики озер (размер и глубина) и уровень антропогенного воздействия.

В июле-августе 1999-2001 гг. проведены исследования 14 высокогорных озер Кара-Кудюрской, Сарыачинской и Чибитской систем, оз. Джулуколь и водоемов плато Укок.

Пробы обрабатывали по стандартным методикам. Для оценки видового сходства исследованных водных объектов был применен кластерный анализ данных с использованием методов дисперсионного анализа для оценки расстояний между кластерами. Для получения интегральных характеристик сообществ рассчитывали информационный индекс Шеннона ( $H_{\text{бит}}$ ) [1] и индекс сапробности Пантле и Букка (S) в модификации Сладечека [2], учитывая поправку для сибирских видов рассчитанную Н.И. Ермолаевой [3].

В составе зоопланктона высокогорий Алтая обнаружено 53 вида с преобладанием *Rotatoria* (24 вида). Отмечено 19 видов *Cladocera* и 10 – *Sopropoda*. Только в глубоких (18-24 м) высокогорных озерах (Талдуколь, Чейбоколь, Узунколь и Балыктыколь) встречены коловратка *Bipalpus hudsoni* и ветвистоусые ракообразные *Ceriodaphnia affinis*, *Peracantha truncata*, *Polyphemus pediculus*, *Scapholeberis mucronata*, *Sida crystallina*, *Simocephalus mixtus*.

Сравнения видового сходства зоопланктона высокогорных озер Горного Алтая сделано на основе кластерного анализа (рис. 1). По результатам этого анализа в выделенных группах смотрели глубину и температуру воды в озерах, число видов (рис. 2.А) и количество зоопланктона (рис. 2.Б). Высокогорные озера по видовому составу зоопланктона объединялись в два крупных кластера.

В первый кластер (I) входят три глубоких (18-24 м) средних (1,2-1,65 км<sup>2</sup>) озера, относящихся к разным системам, но расположенных рядом и примерно на одной высоте (1800-1900) и с высокой температурой воды во время исследования (18-20 °С). В этих озерах обнаружено 23 вида зоопланктона, 7 из которых встречены только в этой группе. Из семи общих для трех озер *P. pediculus* и *S. crystallina* встречены только в этих высокогорных озерах (табл. 1).

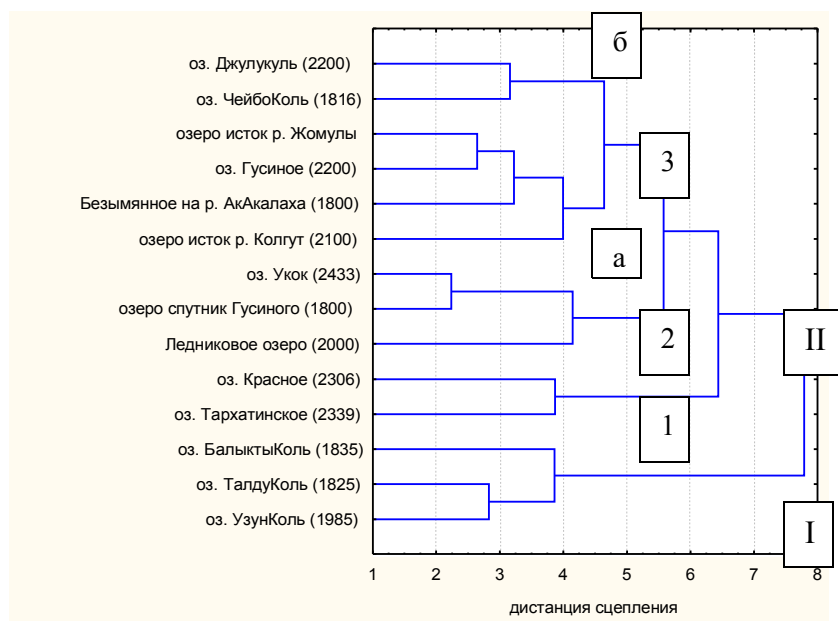


Рис. 1. Результаты кластерного анализа исследованных высокогорных озер Алтай в 1999-2001 гг.

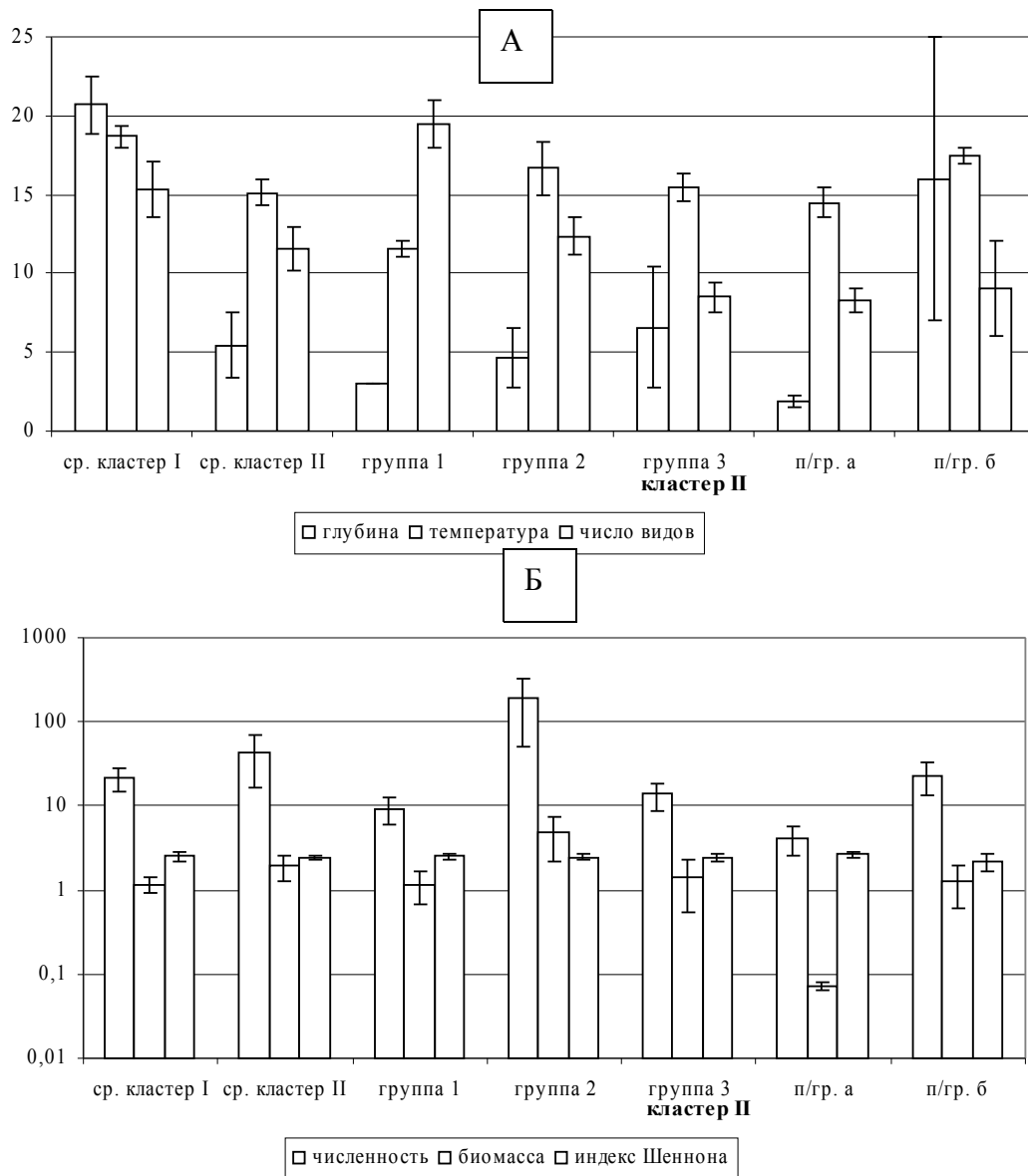


Рис. 2. Глубина, температура воды, число видов (А) и количество зоопланктона (Б) высокогорных озер Алтая в 1999-2001 гг.

Во второй (II) кластер входят в основном мелкие и маленькие озера образующие три группы. В первой группе обнаружено большее число видов (среднее на озеро) зоопланктона, во второй – численности и биомассы, чем в других группах. По глубине озера и значениям индекса Шеннона для зоопланктона группы второго кластера не различались.

В первую группу входят два мелких (3 м) проточных, расположенных на одной высоте (около 2300 м над ур.м.) озера (Тархатинское и Красное), в которых наблюдали самую низкую температуру во время исследования (11-12 °С), но самое высокое число видов зоопланктона (21 и 18 видов соответственно) с преобладанием *Rotatoria*. В этих озерах наблюдали обширные заросли мягких растений (до половины площади дна). В этой группе озер отмечено наибольшее число видов зоопланктона (27), однако только 6 видов не встречали в других группах высокогорных озер. Общими для двух озер (табл. 1) были 12 видов и только два из них (*Br. calyciflorus f. calyciflorus* и *Eu. gracilis*) обнаружили только здесь.

Во вторую группу объединили три высокогорных озера (Ледниковое, спутник оз. Гусино, Укок). Они расположены на разной высоте, имеют разную глубину (6, 1 и 7 м соответственно) и среднее число видов (10-13) зоопланктона (из высокогорных озер). В этой группе озер обнаружен 21 вид зоопланктона, два из которых встречены только в этой группе. Из 5 общих для трех озер видов зоопланктона *F. longiseta* обнаружена только в этой системе озер (табл. 1).

В третью группу входит 6 озер (рис. 1), разделенных на две подгруппы. Во второй подгруппе выше глубина, температура воды, численность и биомасса зоопланктона, по числу видов и значениям индекса Шеннона отличий не было. В первую подгруппу (а) включены четыре мутных, очень мелких

(1,5 м глубиной за исключением оз. Гусино) озера с малым числом видов зоопланктона (8-10). В этих озерах обнаружен 21 вид зоопланктона, из которых 5 встречены только в этой группе. Во второй подгруппе (б) объединены два средних озера, одно из которых (Чейбоколь) глубокое (25 м), руслообразно вытянуто и сильно проточное и слабозаросшее (11%) [4], второе (Джулуколь) мелкое и подвержено антропогенной нагрузке. В этих озерах виды устойчивы и к неблагоприятным условиям (например, проточность и антропогенная нагрузка). В этих озерах встречено 14 видов зоопланктона, из которых четыре общие для двух озер (табл. 1).

Средние значения глубины озер, температуры воды и числа видов зоопланктона были выше в I кластере (рис. 2.А), численность, биомасса и индекс Шеннона для зоопланктона (рис. 2.Б) между кластерами достоверно не различались.

Для определения трофического типа высокогорных озер по характеристикам зоопланктона использовали следующие показатели: показатель трофии (0,5), коэффициент трофии (0,45), значения индекса видового разнообразия ( $2,5 \pm 0,1$ ), данные по численности ( $37,2 \pm 19,3$  тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомассе ( $1,7 \pm 0,5$  г/м<sup>3</sup>), среднюю индивидуальную массу особи в сообществе ( $0,09 \pm 0,02$ ), соотношение биомасс рачков и коловраток ( $956 \pm 369$ ) и биомасс зоо- и фитопланктона ( $47,2 \pm 29,2$ ). Трофический статус исследованных высокогорных озер был определен как олиготрофный.

В высокогорных озерах значения индекса сапробности свидетельствуют об олигосапробных условиях (рис. 3), за исключением оз. Укок, где наблюдали  $\beta$ -мезосапробные условия (1,92). В наиболее крупном (30 км<sup>2</sup>) из исследованных высокогорных озер (Джулукуль) наблюдали пограничные условия (олиго-мезосапробные). Из четырех глубоких (18-25 м) и средних по площади акватории озер (1,20-1,65 км<sup>2</sup>), только руслообразное озеро Чейбо-коль по значению индекса оказалось  $\beta$ -олиго-сапробным, остальные –  $\alpha$ -олиго-сапробные. Только в двух (мутные озера Гусиное и озеро-исток р. Жомулы) высокогорных озерах плато Укок отмечены  $\beta$ -олиго-сапробные условия, в остальных –  $\alpha$ -олиго-сапробные.

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона высокогорных озер

список видов и форм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	Кластер I			Кластер II										
				Группа 1		Группа 2			Группа 3					
	Подгруппа «а»								Подгруппа «б»					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Bipalpus hudsoni</i> Imhof	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peracantha truncata</i> (Mull.)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus mixtus</i> Sars	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Eucyclops serrulatus</i> Fischer	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.Muller)	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina longirostris</i> (Mull.)	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthocyclops gigas</i> (Claus)	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Chydorus affinis</i> Lilljeborg	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Syda crystallina</i> (Muller)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linne)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (Mull.)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Muller)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella quadrata</i> (Mull.)	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+
<i>Acanthocyclops viridis</i> Jur.	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Daphnia longispina</i> (Müller)	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> Kell.	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Polyarthra minor</i> (Voigt.)	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg)	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Synchaeta stilata</i> (Wierz)	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notholca acuminata</i> f. <i>acuminata</i> (Ehr.)	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Monommata longiseta</i> (Muller)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars)	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i> f. <i>calyciflorus</i> Pallas	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ploesoma truncata</i> (Lew)	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Acantodiaptomus denticornis</i> (Wierzeiski)	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Neutrodiaptomus incongruus</i> (Poppe)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mixodiaptomus incrassatus</i> (Sars)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia pulex</i> (De Geer)	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra remata</i> (Skor.)	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra dol. f. dolychoptera</i> Idelson	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Notholca squamula</i> (Muller)	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer)	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrb.)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Eurycerus lamellatus</i> (O.F. Muller)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Brachionus quadridentatus</i> f. <i>ancilognatus</i> Schmarda	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus striatus</i> Schoeld.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alona affinis</i> Leydig	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Lepadella ovalis</i> (Muller)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Alona costata</i> Sars	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Brachionus quadridentatus</i> f. <i>melheni</i> Barrois et Daday	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra majior</i> Burekh.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	16	12	17	21	18	14	10	13	9	10	9	8	6	12

Примечание. I – оз. Узун-Коль. II – оз. Талду-Коль. III – оз. Балыкты-Коль. IV – оз. Тархатинское. V – оз. Красное. VI – Ледниковое озеро. VII – озеро-спутник Гусино. VIII - оз. Укок. IX - озеро-исток р. Колгут. X - Безым. на р. Ак-Акалаха. XI - оз. Гусино. XII - озеро-истокр. Жомулы. XIII – оз. Чейбо-Коль. XIV - оз. Джулукуль.

**Кара-Кудюрская система озер** в целом представлена 9 озерами, расположенными на высоте 1800 м. над уровнем моря в верховье р. Кара-Кудюр, которая относится к бассейну р. Бии. В вегетационный период 1975-1978 гг. обнаружено 49 видов зоопланктона с доминированием коловраток (22 вида). Исследованные по видовому составу зоопланктона озера различались между собой количеством видов озерного пелагического комплекса, а также фитофильных видов, число которых зависит от распространения в озере макрофитов (Осипова, 1984). Из этих озер нами исследовано только оз. Талду-коль (одно из двух средних). В 1975 (июль, август, сентябрь, ноябрь) и 1977 г. (июль) по данным Н.Н. Осиповой (1984) здесь обнаружено 22 вида зоопланктона (преобладали коловратки – 13 видов). В наших исследованиях найдено 12 видов с преобладанием Cladocera (10). Вероятно, это связано с отбором проб при максимальном развитии зарослей рдеста (в конце июля), что благоприятно для развития фитофильных ракообразных. В другие сезоны озеро нами не было исследовано, что сказалось на видовом составе зоопланктона. Численность зоопланктона в целом не изменилась (1975 г. – 58,5; 2000 г. – 47,5±6,8 тыс.экз./м<sup>3</sup>), а биомасса выросла (1975 г. – 0,3; 2000 г. – 1,7±0,4 г/м<sup>3</sup>).

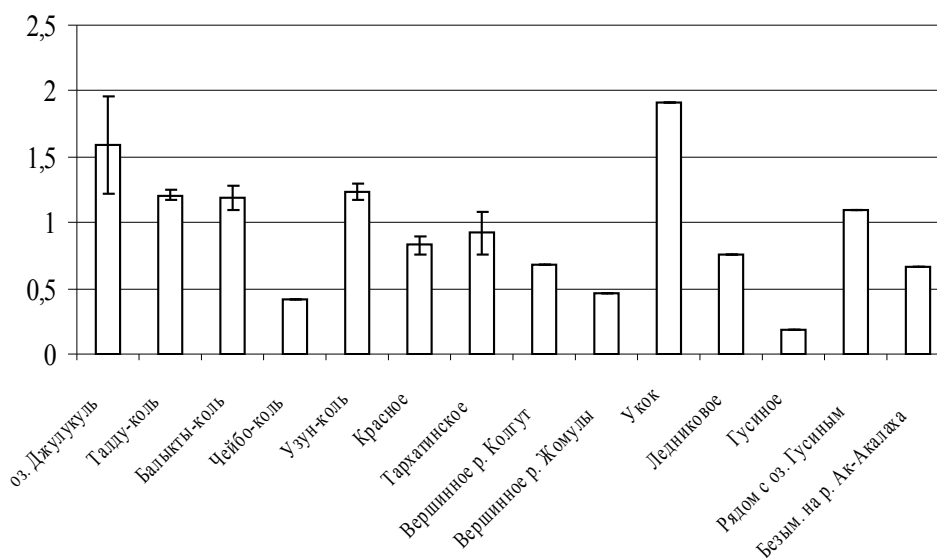


Рис. 3. Значения индекса сапробности Пантле и Букка для зоопланктона высокогорных озер

**Чибитская система озер** представлена 17 водоемами. В зоопланктоне озер обнаружено 40 видов (преобладают коловратки). Наиболее распространены *A. priodonta*, *K. longispina*, *D. pulex*, *C. abyssorum*. В малых озерах системы численность и биомасса зоопланктона выше, чем в больших (Осипова, 1979). Из 17 озер этой системы нами исследовано два средних – Узун-коль и Чейбо-коль.

За период исследований с 1975 по 1984 гг. в оз. Узун-коль отмечено 22 вида зоопланктона (10 – Rotatoria, 7 – Cladocera и 5 – Copepoda) (Манеева, 1991). В исследованиях 1999-2000 г. обнаружено 16 видов зоопланктона (3 – Rotatoria, 10 – Cladocera и 3 – Copepoda). Численность зоопланктона в целом не изменилась (1975 г. – 12,0; 2000 г. – 12,5±1,6 тыс.экз./м<sup>3</sup>), а биомасса выросла (1975 г. – 0,5; 2000 г. – 1,1±0,3 г/м<sup>3</sup>). Вероятно, это связано со снижением пресса рыб (акклиматизантов) на сообщество зоопланктона.

### Литература

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики М.: Иностранная литература, 1963. 860 с.
2. Sladeczek V. System of water quality from biological point of view / V. Sladeczek // Arch. Hydrobiol. 1973. Bd. 7, № 7. S. 808-816.
3. Ермолаева Н.И. Индикаторное значение коловраток и ветвистоусых лимнических систем Западной Сибири // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Тезисы докл. Междунар. конф. (Санкт-Петербург, 23-27 октября 2006 г.). СПб., 2006. С. 54.

4. *Ильин В.В.* Водные растения озера Айского // Вопросы ботаники. Горно-Алтайск, 1974. С. 12–17.
5. *Манеева Н.Н.* Изменение структуры зоопланктона озер Горного Алтая под влиянием рыб-акклиматизантов // Рыбопродуктивность озер Западной Сибири. Новосибирск, 1991. С. 46–53.
6. *Осипова Н.Н.* Зоопланктон горных озер междуречья Чуи и Башкауса // Биологические ресурсы Алтайского края и пути их рационального использования: Тезисы докладов конференции. Барнаул, 1979. С. 168–170.
7. *Осипова Н.Н.* К изучению зоопланктона Кара-Кудюрской группы озер Горного Алтая // Заметки по фауне и флоре. Томск, 1984. С. 76–80.

#### **TAXONOMIC STRUCTURE ZOOPLANKTON OF HIGH-MOUNTAINOUS LAKES ALTAI**

*Burmistrova O.S., Yermolayeva N.I.*

Researches of structure zooplankton communities of 14 high-mountainous lakes of various areas of Mountain Altai are carried out. It is lead cluster analysis of specific similarity of lakes and their trophic status is certain. It is revealed, that for specific structure defining there were morphological characteristics of lakes (the size and depth) and a level of anthropogenous influence.