



УДК 574.5.583.551.481.1

## Сезонная динамика вертикального распределения зоопланктона открытой части Южного Байкала (район Больших Котов)

К. Н. Кипрушина

Научно-исследовательский институт биологии при Иркутском государственном университете, Иркутск  
E-mail: [KsushaGK@mail.ru](mailto:KsushaGK@mail.ru)

**Аннотация.** В работе проанализирована динамика вертикального распределения и структуры зоопланктона пелагиали Южного Байкала в различные сезоны 2002 г. Вертикальное распределение, как приспособительная реакция у различных видов (и возрастных стадий) зоопланктона, в разные периоды термической стратификации было различным. Во все сезоны года, кроме летнего, основу зоопланктона составляла *Epishura baicalensis*, летом, в период прямой термической стратификации, доминировал *Cyclops kolensis*.

**Ключевые слова:** Байкал, зоопланктон, гомотермия, термическая стратификация, вертикальная динамика.

### Введение

Изучая вертикальные (сезонные и суточные) миграции массовых видов зоопланктона в оз. Байкал, мы исходим из того положения, что среди абиотических условий, в которых осуществляются эти процессы, особенно важную роль играют свет и температура, как факторы, непосредственно и опосредованно регулирующие обилие фитопланктона – первого звена трофической цепи. Поскольку воздействие названных факторов подвержено известным сезонным и суточным ритмам, то и в вертикальных перемещениях гидробионтов вырабатывается периодичность и ритмика. Со временем они закрепляются как врожденные, физиологически необходимые реакции, в реализации которых факторы внешней среды играют главным образом лишь сигнальную роль.

О сезонных различиях в вертикальном распределении и интенсивности вертикальных миграций пишут многие авторы, в том числе применительно к байкальскому планктону [2–7], причем нередко отмечается, что наиболее широкий размах это явление приобретает летом и осенью.

### Материалы и методы

Материалом для исследования послужили данные сборов проб сетного зоопланктона. Станция отбора проб (ст. № 1) располагается в открытой части Южного Байкала, на расстоянии 2,7 км от западного берега (51°54'195" с. ш.; 105°04'235" в. д.) над глубиной около 800 м против бухты Большие Коты. Орудием лова

служила планктонная сеть Джеди (диаметр входного отверстия 37,5 см, размер ячеек 100 мкм). Облавливали слой 0–150 м по следующим фракциям: 150–100, 100–50, 50–25, 25–10, 10–0 м. Температуру воды измеряли встроенным в батометр ртутным термометром по горизонтам: 0, 5, 10, 25, 50, 100, 150 м. Пробы отбирали до полудня. Камеральную обработку проводили по стандартным методикам [8; 9].

Для анализа вертикального распределения в разные сезоны мы выбрали четыре «ключевых» даты, которые наиболее типично отражают вертикальную стратификацию водных масс в соответствующие периоды года, а именно: 4 января, когда наблюдается обратная термическая стратификация воды с температурой от 1,4 °С у поверхности до 3,6 °С на глубине 150 м; 13 июня, когда наступает полная весенняя гомотермия в толще воды, и температура всех исследуемых слоев составляет 3,8 °С; 22 августа – время классической летней прямой термической стратификации воды с температурой от 17,4 °С у поверхности до 3,8 °С на глубине 150 м, термоклин лежит на глубине 25–50 м (падение температуры от 17,4 °С до 4,8 °С); 21 ноября, когда наблюдается осенняя гомотермия водных масс при температуре 4,4 °С (рис. 1). Биологические сезоны в развитии зоопланктона рассматриваются согласно М. М. Кожову [10]: зима (январь) – обратная термическая стратификация, весна (июнь) – гомотермия, лето (август) – прямая термическая стратификация, осень (ноябрь) – гомотермия.

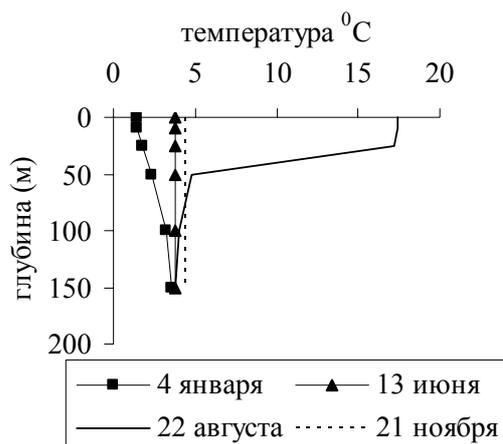


Рис. 1. Температура вод Южного Байкала (р-н бух. Бол. Коты) в 2002 г.

### Результаты и обсуждение

Сезонная вертикальная динамика зоопланктона рассмотрена с учетом среднегодовой средневзвешенной температуры воды на примере данных сезонных дат 2002 г., который был наиболее теплым ( $5,9 \pm 0,7$  °С) [1].

4 января. Общая численность зоопланктона невысока и составляет 123,44 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Следует отметить, что обилие фитопланктона, оцениваемое по количеству хлорофилла «а», в этот период крайне низкое (средневзвешенное значение в слое 0–50 м –  $0,13$  мг/м<sup>3</sup>), при этом в слое 0–50 м хлорофилл распределен равномерно, тогда как к глубине 100 м его содержание снижается в 2 раза.

В зоопланктоне доминируют копеподитные стадии *Epischura baicalensis* (75 % от общей

численности всего зоопланктона). Максимальной численности они достигают в слое 0–10 м (38,93 тыс. экз./м<sup>2</sup>), а минимальной – в слое 50–100 м (4,95 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 2, А). Науплиальные стадии эпишуры, доля которых составляет 23 % от численности всего зоопланктона, сосредоточены главным образом в слое 100–150 м (10,71 тыс. экз./м<sup>2</sup>), где наблюдается самая высокая температура воды (3,6 °С) (рис. 2, А).

Доля *Cyclops kolensis* составляет менее 1 %. Науплиусы в основном (0,34 тыс. экз./м<sup>2</sup>) держатся в слое 25–50 м, в слое 100–150 м их численность минимальна (0,09 тыс. экз./м<sup>2</sup>), в остальных исследуемых слоях они не встречаются. Копеподиты циклопа имеют максимальную численность в верхнем слое 0–10 м (0,11 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и минимальную – в нижних слоях 50–100 и 100–150 м (0,18 тыс. экз./м<sup>2</sup>); в других слоях, как и науплиальные стадии, они не встречаются (рис. 2, Б).

В составе коловраток отмечены зимне-весенний вид [11] *Notholca grandis*, составляющий 63 % от численности всех коловраток и сосредоточенный главным образом в слое 10–25 м (0,45 тыс. экз./м<sup>2</sup>), и круглогодичные виды *Filinia terminalis* (26 % от численности коловраток), находящаяся в слое 100–150 м с численностью 0,27 тыс. экз./м<sup>2</sup>, и *Kellicottia longispina* (12 %), обнаруженная только в нижних слоях 50–100 и 100–150 м и имеющая численность 0,09 тыс. экз./м<sup>2</sup> (рис. 2, В).

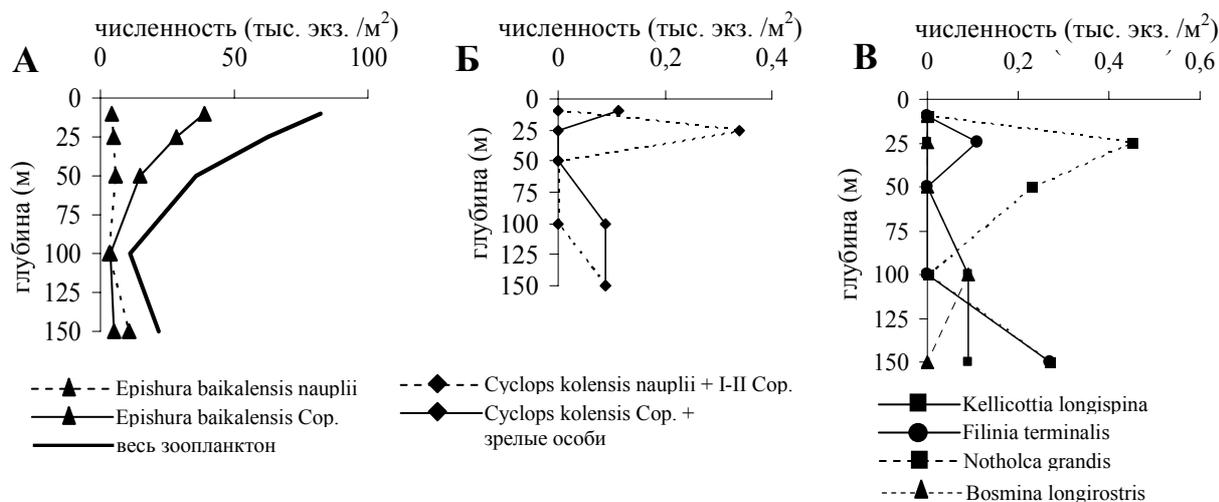


Рис. 2. Вертикальное распределение численности зоопланктона 04.01.2002 г.

А – весь зоопланктон и *E. baicalensis*; Б – *C. kolensis*; В – ветвистоусые и коловратки

Ветвистоусые представлены одним видом *Bosmina longirostris*, которая обнаружена только в слое 50–100 м с численностью 0,09 тыс. экз./м<sup>2</sup>.

13 июня. Общая численность зоопланктона равна 1 646,57 тыс. экз./м<sup>2</sup> (рис. 3, А), что в 13 раз больше по сравнению с зимним периодом. Обилие фитопланктона выше, чем в январе, практически на порядок и близко к своему годовому максимуму. Как обычно в период весенней гомотермии, фитопланктон практически равномерно распределен до глубины 200 м.

В составе зоопланктона преобладают науплиальные стадии эпишуры (73 %), их максимальное количество отмечено в слое 100–150 м (377,4 тыс. экз./м<sup>2</sup>) а минимальное – в слое 0–10 м (68,04 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Копеподиты эпишуры, доля которых составляет 21 %, также имеют наибольшую численность в слое 100–150 м (151,8 тыс. экз./м<sup>2</sup>), наименьшую в слое 0–10 м (3,44 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 3, А).

Доля циклопа составляет 2 %. Численность науплиусов наибольшая в слое 100–150 м (0,36 тыс. экз./м<sup>2</sup>), наименьшая в 0–10 м (0,22 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Копеподиты циклопа имеют максимальную численность в слое 0–10 м (15,9 тыс. экз./м<sup>2</sup>), а минимальную в слое 50–100 м (2,16 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 3, Б).

В составе коловраток (рис. 3, В), в отличие от зимнего периода, когда доминировали зимне-весенний и круглогодичные виды, лидируют виды зимне-осенние: *Synchaeta pachypoda* (49 %) с максимальной численностью в слое 0–10 м (9,9 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и *N. grandis* (46 %) с

наибольшей численностью в том же слое (7,2 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Все круглогодичные коловратки: *K. longispina*, *F. terminalis* и *Keratella quadrata*, имея небольшую численность (около 0,2–0,5 тыс. экз./м<sup>2</sup>), равномерно рассеяны в слое 0–50 м.

Ветвистоусые в составе зоопланктона не встречаются.

22 августа. Общая численность зоопланктона составляет 3 735,98 тыс. экз./м<sup>2</sup> (рис. 4, А), что почти в два раза больше, чем в июне. При равномерном распределении фитопланктона, т. е. доступности корма на всех глубинах, вертикальное распределение эпишуры, по видимому, определяется не этим фактором.

Доля эпишуры составляет всего 9 %. Науплиальные стадии имеют максимальную численность в слое 25–50 м (132,3 тыс. экз./м<sup>2</sup>), минимальную в слое 100–150 м (2,34 тыс. экз./м<sup>2</sup>), а в слоях 0–10, 10–25 м не встречаются. Копеподиты эпишуры, составляющие 5 % от численности всего зоопланктона, имеют наибольшую численность в слое 25–50 м (107,55 тыс. экз./м<sup>2</sup>), а наименьшую – в слое 10–25 м (8,1 тыс. экз./м<sup>2</sup>).

На долю циклопа приходится 60 % от общей численности всего зоопланктона. Преобладают науплиусы, которые имеют максимальную численность в слое 10–25 м (765,45 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 4, Б), а минимальную – в слое 25–50 м (22,5 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Копеподиты циклопа достигают наибольшей численности в слое 0–10 м (344,25 тыс. экз./м<sup>2</sup>), наименьшей – в слое 25–50 м (5,85 тыс. экз./м<sup>2</sup>).

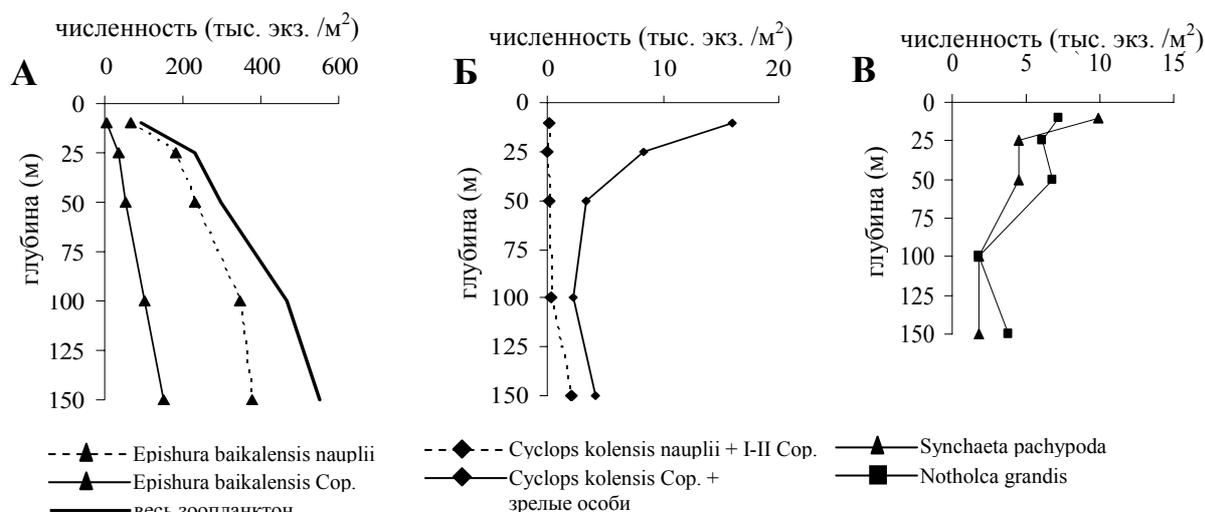


Рис. 3. Вертикальное распределение численности зоопланктона 13.06.2002 г.  
А – весь зоопланктон и *E. baicalensis*; Б – *C. kolensis*; В – ветвистоусые и коловратки

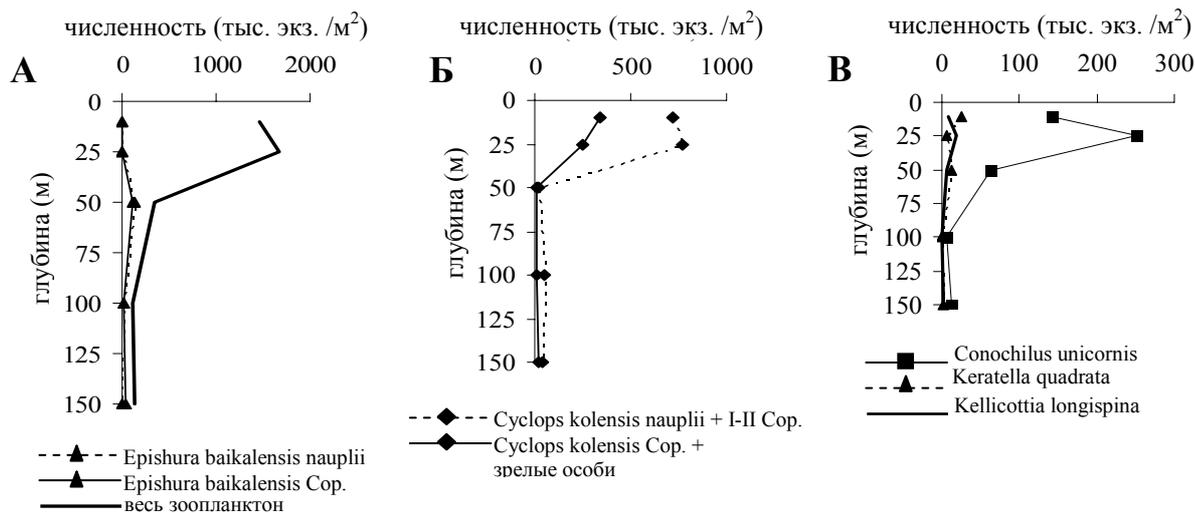


Рис. 4. Вертикальное распределение численности зоопланктона 22.08.2002 г.

А – весь зоопланктон и *E. baicalensis*; Б – *C. kolensis*; В – ветвистоусые и коловратки

Среди коловраток лидирует теплолюбивый летне-осенний вид *Conochilus unicornis* (80 %) с максимальной численностью в слое 10–25 м (251,1 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 4, В). На долю круглогодичного вида *K. quadrata* приходится 8 % с максимумом в слое 0–10 м (24,3 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Следующая по значимости круглогодичная коловратка *K. longispina* (6 %) также имеет максимальную численность (18,23 тыс. экз./м<sup>2</sup>) в слое 0–10 м. На долю остальных коловраток приходится от 1 до 3 %. Характерно сосредоточение всех видов в наиболее теплом (17,4 °С) водном слое 0–25 м.

В составе ветвистоусых лидирует (84 %) теплолюбивая *Daphnia galeata* с максимальной численностью (321,97 тыс. экз./м<sup>2</sup>) в слое 10–25 м. *B. longirostris* (5 %) имеет наибольшую численность (46,57 тыс. экз./м<sup>2</sup>) в слое 0–10 м.

21 ноября. Общая численность зоопланктона составляет 428,24 тыс. экз./м<sup>2</sup> (рис. 5, А), что в восемь раз меньше, чем в августе, но в три раза больше, чем в январе. Содержание хлорофилла «а» по сравнению с июнем практически не изменилось. До глубины 100 м его количество примерно одинаково на всех горизонтах, а ниже 100 м резко снижается.

В зоопланктоне преобладают копеподитные стадии эпишуры (34 %), их максимальное количество отмечено в слое 100–150 м (56,30 тыс. экз./м<sup>2</sup>), минимальное – по-прежнему в слое 0–10 м (2,29 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Науплиальные стадии составляют 24 % и имеют наибольшую численность в слое 25–50 м (29,8 тыс. экз./м<sup>2</sup>), а наименьшую – в слое 0–10 м (7,96 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 5, А).

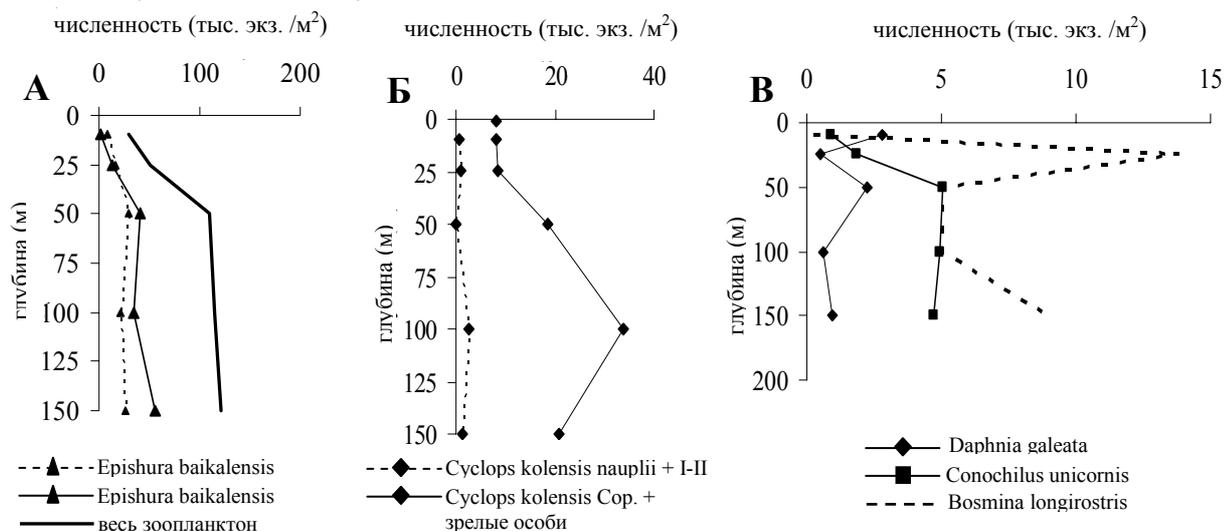


Рис. 5. Вертикальное распределение численности зоопланктона 21.11.2002 г.

А – весь зоопланктон и *E. baicalensis*; Б – *C. kolensis*; В – ветвистоусые и коловратки

В сравнении с наиболее теплым августом, содержание циклопов уменьшилось почти в 23 раза. Доля науплиусов циклопа составляет всего 1 %, максимальной численности они достигают в слое 50–100 м (2,7 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 5, Б), минимальной – в слое 0–10 м (0,54 тыс. экз./м<sup>2</sup>), в слое 25–50 м они не встречаются. Копеподиты циклопа составляют около 21 % от общей численности всего зоопланктона, в основном они держатся в слое 50–100 м (33,9 тыс. экз./м<sup>2</sup>), в слое 0–10 м их обилие минимально (8,24 тыс. экз./м<sup>2</sup>).

В составе коловраток по-прежнему доминирует летне-осенний вид *C. unicornis* (43 % от численности коловраток) с максимальной численностью (5,06 тыс. экз./м<sup>2</sup>) (рис. 5, В) в слое 25–50 м. На круглогодичный вид *K. longispina* приходится 27 % от численности всех коловраток с максимумом (5,24 тыс. экз./м<sup>2</sup>) в слое 25–50 м. На долю *F. terminalis* приходится 21 % с максимумом численности (3,21 тыс. экз./м<sup>2</sup>) в слое 10–25 м. Доля *K. quadrata* составляет 7 % (0,94 тыс. экз./м<sup>2</sup>), ее наибольшая численность отмечена в слое 0–10 м (0,95 тыс. экз./м<sup>2</sup>).

Среди ветвистоусых доминирует *B. longirostris* (83 %), имея максимальную численность (13,80 тыс. экз./м<sup>2</sup>) в слое 25–50 м. *D. galeata* в основном сконцентрирована в слое 0–10 м (2,83 тыс. экз./м<sup>2</sup>).

### Выводы

Обобщая результаты исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Во все сезоны исследуемого года, кроме летнего, основу зоопланктонного сообщества вод Южного Байкала составляла *E. baicalensis*, лишь летом, в период прямой термической стратификации, доминировал *C. kolensis*.

2. Среди ветвистоусых, которые были представлены всего двумя видами, во все сезоны, кроме летнего, доминировала *B. longirostris*, летом основу численности этой группы составляла теплолюбивая *D. galeata*.

3. Основное число копеподитных стадий эпишуры в весенний и осенний периоды гомотермии сосредоточено в нижних слоях, а в периоды зимней обратной и летней прямой термической стратификации они, напротив, обитают в верхних слоях.

4. Науплиальные стадии эпишуры в периоды зимней обратной термической стратификации и весенней гомотермии держатся в нижних слоях, а в периоды летней прямой термической

стратификации и осенней гомотермии предпочитают верхние слои.

5. Вертикальное распределение науплиальных стадий эпишуры имеет зеркальное отражение по отношению к распределению копеподитных стадий циклопа. Учитывая, что эпишура является планктофагом, а циклоп – хищником, можно считать, что такое соотношение в их распределении вызвано трофическими взаимоотношениями.

6. Науплиусы циклопа в весенний и осенний периоды гомотермии предпочитают нижние слои, а в периоды зимней обратной и летней прямой термической стратификации, напротив, в основном держатся в верхних слоях.

7. Ветвистоусые и коловратки во все сезоны сосредоточены в верхнем слое 0–50 м.

Автор выражает искреннюю благодарность сотруднику НИИ биологии Н. П. Блохиной за первичную обработку проб из района Бол. Котов, старшему научному сотруднику Лимнологического института СО РАН, канд. биол. наук Н. Г. Шевелевой за ценные советы при обсуждении рукописи.

Работа выполнена при финансовой поддержке программ «Фундаментальные исследования и высшее образование» (проект НОЦ-017 «Байкал»), «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)» (проект РНП 2.2.1.1/5901).

### Литература

1. Вертикальное распределение и пищевая активность науплиусов *Epischura baicalensis* Sars (Copepoda) в озере Байкал в зимний период в присутствии двух хищников / Е. П. Тереза [и др.] // Состояние и проблемы продукционной гидробиологии. – М., 2006. – С. 98–109.
2. Гайгалас К. С. К познанию фауны коловраток озера Байкал // Изв. Биол.-географич. НИИ при ИГУ. – Иркутск, 1957. – Т. XVII, вып. 1–4. – С. 103–143.
3. Захваткин А. А. К познанию суточных вертикальных миграций байкальского зоопланктона // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР. – 1932. – Т. 2. – С. 55–106.
4. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов / И. А. Киселев. – Л.: Наука, 1969. – Т. 1. – 657 с.
5. Кожов М. М. О вертикальных миграциях массовых видов планктона в озере Байкал // Тр. Всесоюз. гидробиол. об-ва. – 1959. – Т. 9. – С. 161–174.

6. Кожов М. М. Биология озера Байкал / М. М. Кожов. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 315 с.

7. Кожова О. М. Инструкция по обработки проб планктона счетным методом / О. М. Кожова, Н. Г. Мельник. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1978. – 50 с.

8. Мазепова Г. Ф. К познанию вертикальных миграций *Cyclops kolensis* Lill. в озере Байкал // Изв. Вост. Фил. АН СССР. – 1957. – № 4–5. – С. 213–225.

9. Могилев Л. Н. О суточных вертикальных миграциях массовых форм зоопланктона : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 1955. – 24 с.

10. Пислегина Е. В. Зависимость пелагического зоопланктона от температуры воды в Южном Байкале // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов : материалы науч. конф. (20–24 сент. 2005 г.) – Иркутск, 2005. – С. 426–428.

11. Эггерт М. Б. Суточное вертикальное распределение зимнего зоопланктона в пелагиали озера Байкал // Гидробиол. журн. – 1973. – Т. 9, № 1. – С. 36–46.

## Seasonal dynamics of vertical distribution of zooplankton at the open part of the Southern Baikal (Bolshiye Koty site)

K. N. Kiprushina

Research Institute for Biology, Irkutsk State University, Irkutsk

**Abstract.** The work comprises the analysis of dynamics of vertical distribution and zooplankton structure of the pelagial of the Southern Baikal in 2002. Vertical distribution, as adaptive reactions at various species (and age stages) of the zooplankton during the different periods of thermal stratification was various. During all seasons of year, except summer, a basic species of the zooplankton was *E. baicalensis*, but in the summer during direct thermal stratification dominated *C. kolensis*.

**Key words:** Baikal, zooplankton, homothermia, thermal stratification, vertical dynamics.

Кипрушина Ксения Никаноровна  
Научно-исследовательский институт биологии при  
Иркутском государственном университете  
664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 3  
аспирант  
тел. (8908) 66–99–394  
E-mail: KsushaGK@mail.ru

Kiprushina Ksenia Nikanorovna  
Irkutsk State University  
Research Institute for Biology  
3 Lenin St., Irkutsk, 664003  
doctoral student  
phone: (8908) 66–99–394  
E-mail: KsushaGK@mail.ru