

УДК 574.583(282.256.341)

Н. Г. Шевелева¹, О. Г. Пенькова²**К МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКЕ ВЕСЕННЕГО
ЗООПЛАНКТОНА ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ ПРОЛИВА
МАЛОЕ МОРЕ (БАЙКАЛ)***

Представлена межгодовая динамика зоопланктона открытой части пролива Малое Море за период конца XX и начала XXI в. как продолжение многолетних исследований. Изучен состав и количественные показатели весеннего планктона и его основного компонента — популяции *Epischura baicalensis* Sars, 1900. Проведено сравнение биомассы *E. baicalensis* за 1997—2014 гг. с данными многолетних исследований (1964—1974 гг.). В настоящее время отмечено повышение биомассы зоопланктона за счет доминирования в структуре популяции копепоидитных стадий и половозрелых особей *E. baicalensis*, что связано с более ранним размножением ее весенней генерации. Предполагаем, что наблюдаемые изменения в структуре популяции эпишуры определяются изменениями ледо-термического и водного режима Байкала.

Ключевые слова: многолетняя динамика, зоопланктон, *Epischura baicalensis*, оз. Байкал, пролив Малое Море.

К настоящему времени достаточно хорошо изучена многолетняя динамика зоопланктона на различных участках Байкала. В основном эти наблюдения касались Южного Байкала на разрезах Большие Коты — Танхой [1, 7, 8, 11, 12, 19] и у пос. Листвянка [2, 4]. Также обобщены ежегодные данные по зоопланктону всей акватории открытого Байкала (южной, средней и северной котловин) [4, 6]. Для среднего Байкала (пролив Малое Море, включая залив Мухор) имеются данные по многолетней (1997—2004) динамике коловраток [15] и зоопланктона [14, 16] за период 1997—2008 гг.

На берегах пролива Малое Море в настоящее время осуществляется массовое строительство объектов отдыха и проживания. Здесь располагаются обширные мелководья, которые, по последним сведениям, стали местом, где разворачивается экологический кризис [13]. В настоящее время на Байкале наблюдается маловодный период с жарким и засушливым летом. Мелководья Байкала стали зоной интенсивного эвтрофирования. Являясь неотъемлемым компонентом экосистемы Байкала, зоопланктон отражает современное состояние озера. Поэтому целью настоящей работы является анализ

*Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта № 01201353447 «Современное состояние, биоразнообразие и экология прибрежной зоны озера Байкал».

© Н. Г. Шевелева, О. Г. Пенькова, 2016

многолетней динамики зоопланктона пролива Малое Море на фоне меняющихся условий (изменение ледово-термического и водного режима) функционирования экосистемы Байкала.

Материал и методика исследований. В работе использованы многолетние (1997—1999, 2001—2002, 2004, 2006—2014 гг.) материалы по зоопланктону, собранные в весенний период (конец мая — середина июня), во время развития зимне-весеннего поколения эпишуры *Epischura baicalensis* Sars [3]. Пробы отбирали в открытой части пролива Малое Море (рис. 1) в светлое время суток планктонной сетью Джеди (диаметр входного отверстия 37,5 см, размер ячеек 100 мкм). Облавливали верхний 25-метровый слой воды над глубиной более 50 м. Одновременно измеряли температуру поверхности воды и прозрачность. Камеральную обработку проводили по стандартным методикам [9]. В популяции эпишуры учитывали все стадии развития (ортонауплиусы, метанауплиусы, копеподитные стадии и половозрелые особи). Для расчета биомассы зоопланктона использованы индивидуальные массы, рассчитанные для байкальских организмов [9].

Приведено сравнение количественных показателей *E. baicalensis*, полученных нами в слое 0—25 м, с таковыми за 1962—1974 гг. для слоя 0—50 м [2], исходя из предположения, что в период весенней гомотермии (июнь) эпишура распределена по всей толще воды равномерно [3].

Многолетняя динамика численности основных таксономических групп зоопланктона рассматривается в зависимости от среднегодовой средневзвешенной температуры воды на станции Большие Коты, рассчитанной для слоя воды 0—25 м [7]. Взяв эти данные за основу, условно выделяем «холодные» годы, когда среднегодовая средневзвешенная температура воды была 3,5°C (2001 г.), «теплые» — 1997, 1999, 2002, 2007, 2008, 2012—2014 — с температурой от 4,9 до 6,4°C. Остальные годы с «обычной» температурой — 4,1—4,7°C.

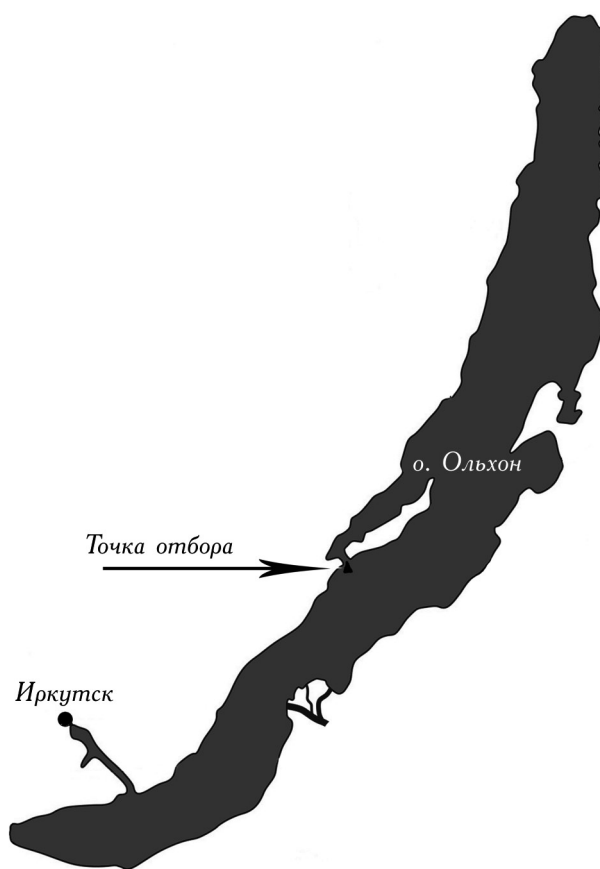
Результаты исследований и их обсуждение

Зоопланктон открытой части пролива Малое Море в весенний период характеризуется сравнительно небольшим видовым составом. В период с 1997 по 2014 г. обнаружен 21 вид, из них 16 коловраток, три — ветвистоусых (*Daphnia galeata* Sars, *Bosmina longirostris* (Müller), *Ceriodaphnia pulchella* Sars) и два — веслоногих ракообразных (*Cyclops kolensis* Lilljeborg и *E. baicalensis*). Во все сроки исследования постоянным компонентом планктонного сообщества были *E. baicalensis*, круглогодичные коловратки *Kellicotia longispina* (Kellicott), *Filinia terminalis* (Plate) и *Keratella quadrata* (Müller) и холодолюбивые эндемичные *Notholca intermedia* Voronkov и *Notholca grandis* Voronkov.

Наибольшее разнообразие (по 11 видов) и высокая численность коловраток отмечены в «теплые» 2002, 2008 и 2013 гг. (рис. 2). Тогда же в планктоне зафиксирована молодь *D. galeata*, отсутствующая в другие годы, и значительное количество циклопа *C. kolensis*. Развитие этих ракообразных, как и коловраток, определяется температурой воды: пики их численности совпа-

дают с наиболее «теплыми» годами [11]. Исследования показали, что зависимость численности циклопа ($R^2 = 0,34$) и коловраток ($R^2 = 0,50$) от температуры воды достаточно высокая. При этом зависимости количества эпишуры от температуры воды не установлено ($R^2 = 0,19$) [16].

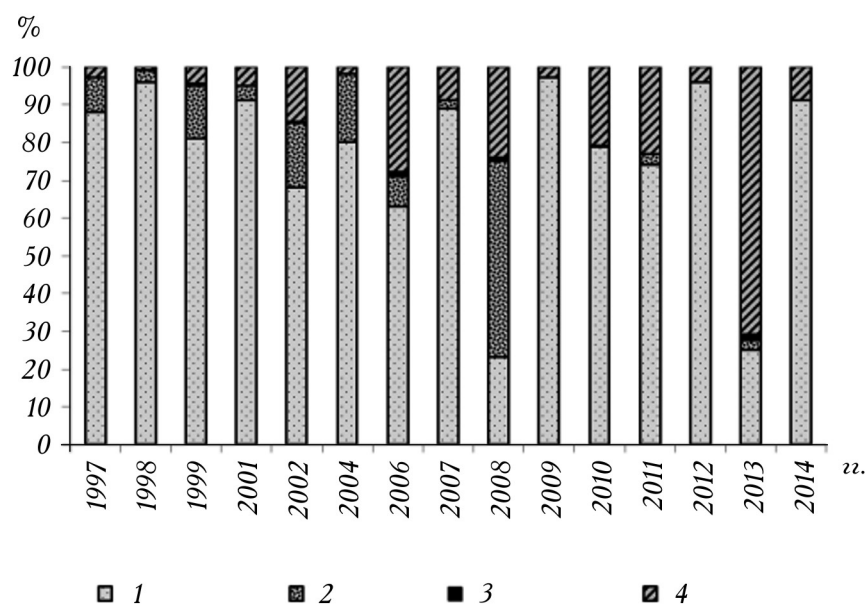
Многолетняя динамика общей численности и биомассы зоопланктона характеризуется четырьмя пиками (2001, 2002, 2008 и 2012 гг.), с максимумом в 2001 г. (рис. 3). Максимальная численность (100 тыс. экз/м³) в «холодном» 2001 г. обусловлена обилием популяции *E. baicalensis*. Второй пик численности (24 тыс. экз/м³) отмечен в «теплом» 2002 г. Численность эпишуры была в пять раз ниже, чем в предыдущем году. Из коловраток доминировали круглогодичные виды *Asplanchna priodonta* Gosse и *K. longispina* с численностью соответственно 1,5 и 1,0 тыс. экз/м³.



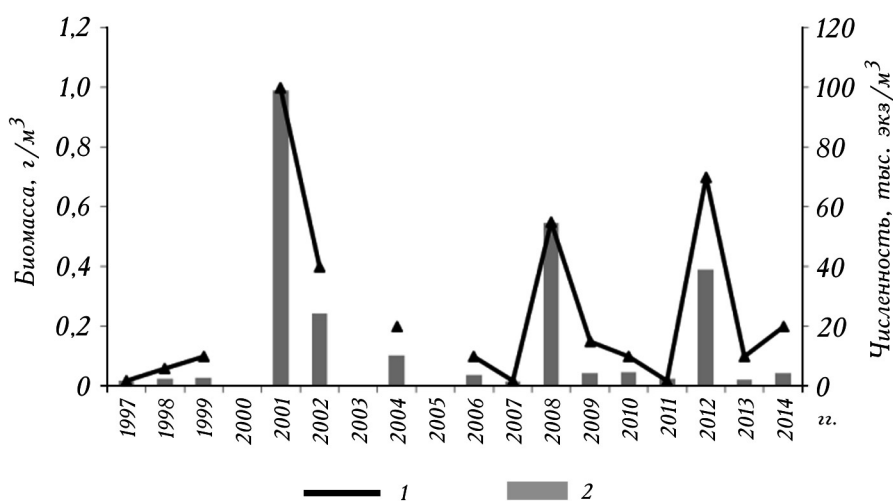
1. Расположение станции отбора проб в проливе Малое море.

Третий пик численности, который определили циклоп и два вида коловраток (*N. intermedia* и *N. grandis*), пришелся на «теплый» 2008 г. Для этого года характерно раннее и относительно обильное развитие *C. kolensis* (28 тыс. экз/м³), с преобладанием его науплиальных стадий. Необходимо отметить, что на протяжении многих лет в планктоне пролива присутствовала эндемичная коловратка *N. intermedia*, ее численность изменялась от 100 до 1000 экз/м³, но в 2008 г. составила 4,3 тыс. экз/м³. По данным [5], максимальное количество (312 экз/м³) этой коловратки в Байкале отмечено с марта по июль 1953 г. В настоящее время *N. intermedia* обитает в планктоне пролива в течение более длительного периода, с июня по ноябрь.

Четвертый пик количественных показателей зоопланктона зафиксирован весной «теплого» 2012 г. в основном за счет лидирования науплиев и младших копепоидитных стадий эпишуры (рис. 4). Из коловраток присутст-



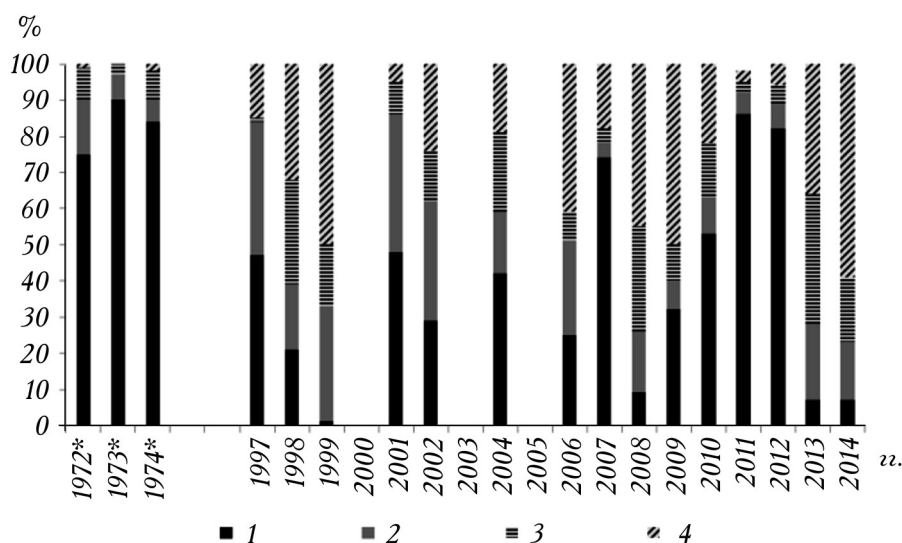
2. Вклад отдельных видов (*E. baicalensis* (1) и *C. kolensis* (2)) и групп (ветвистоусые (3) и коловратки (4)) в общую численность зоопланктона.



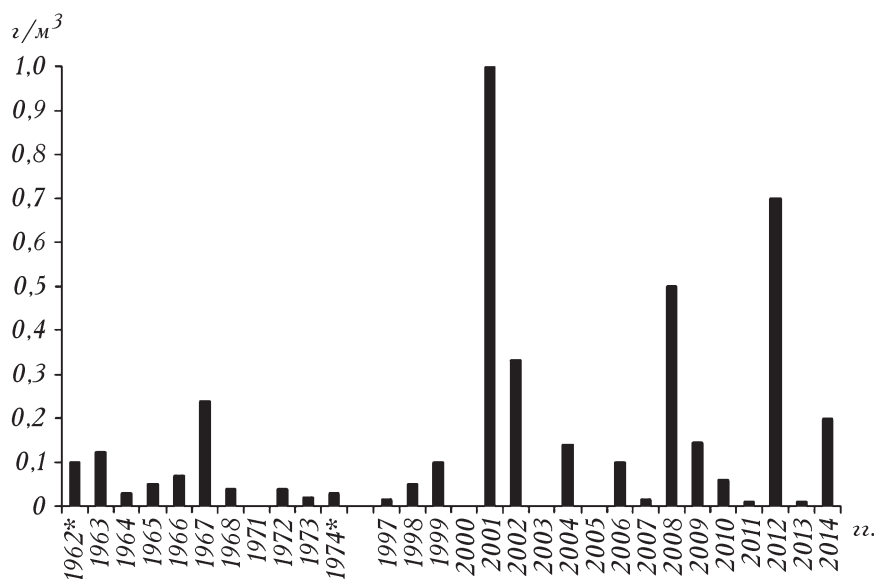
3. Динамика общей численности (1) и биомассы (2) зоопланктона в открытой части пролива Малое Море.

воваля четыре вида круглогодичных и три вида эндемичных, среди них *N. intermedia* (1,0 тыс. экз/м³).

Оснору численности весеннего зоопланктона в проливе Малое Море на 65—90% определяла популяция эпишурь. Исключение составляют 2008 и



4. Структура популяции *E. baicalensis* в весенний период в открытой части пролива Малое море (* — по [2]): 1 — науплии; 2 — I—II копеподиты; 3 — III—IV копеподиты; 4 — V и половозрелые.



5. Многолетняя динамика биомассы эпишуры (* — по [2]).

2013 г., когда на ее долю приходилось не более 30%. В 2008 г. в планктоне доминировала популяция *C. kolensis*, а в 2013 г. — *N. intermedia*. Межгодовые изменения биомассы совпадали с таковыми численности зоопланктона и определялись обилием популяции эпишуры (рис. 5).

Наши многолетние наблюдения показывают увеличение биомассы зоопланктона и более резкие колебания ее значений. Так, в 1962—1968 и 1971—1974 гг. биомасса изменялась от 0,03 до 0,24 г/м³, при среднемноголетней 0,074 г/м³. В период наших исследований она изменялась от 0,01 до 1 г/м³, в среднем составляя 0,214 г/м³. Увеличение биомассы зоопланктона в настоящее время объясняется тем, что в весенний период популяция эпишуры в основном представлена копеподитными стадиями, а не науплиальными, как было в 60—70-е гг. прошлого столетия.

Заключение

Таким образом, многолетние исследования весеннего зоопланктона открытой части пролива Малого моря подтвердили, что, как и в прежние годы, основу численности и биомассы зоопланктона определяет эндемик *E. baicalensis*. Развитие коловраток, циклопов и ветвистоусых ракообразных тесно связано с температурой воды, пики их численности совпадают с «теплыми» годами. Выявлена тенденция к увеличению численности и сроков присутствия в планктоне холодолюбивой эндемичной коловратки *N. intermedia*.

Динамика численности и биомассы зоопланктона, в частности эпишуры, носит колебательный характер. Пики численности и биомассы этого вида приходится как на «холодные» (2001), так и на «теплые» (2008, 2012) годы. Тем не менее, наблюдаемое с начала 2000-х годов возрастание биомассы эпишуры на фоне сокращения периода ледостава, снижения уровня и потепления воды [10, 18] связано с изменениями в структуре ее популяции. Возможно, что преобладание копеподитных стадий в весенний период определяется более ранними сроками размножения эпишуры.

**

*Представлено міжрічну динаміку зоопланктону відкритої частини протоки Мале Море за період кінця XX і початку XXI ст. як продовження багаторічних досліджень. Вивчено склад і кількісні показники весняного планктону та його основного компоненту — популяції *Epischura baicalensis* Sars, 1900. Порівняно біомасу *E. baicalensis* за 1997—2014 рр. із даними багаторічних досліджень (1964—1974 рр.). За теперішнього часу відмічено зростання біомаси зоопланктону за рахунок домінування у структурі популяції копеподитних стадій та статевозрілих особин *E. baicalensis*, що пов'язано з більш раннім розмноженням весняної генерації епішури. Вважаємо, що зміни у структурі популяції епішури, які спостерігаються, визначаються змінами льодово-термічного та водного режиму Байкалу.*

**

*The authors continued to analyze inter-annual dynamics of zooplankton in the open water of the Strait of Maloye More (Lake Baikal) for the period between the late XX and early XXI centuries. They investigated the composition and quantitative parameters of the spring plankton and its main component *Epischura baicalensis* Sars, 1900. The data on *E. baicalensis* biomass collected in 1997—2014 were compared with those of long-term observations performed in 1964—1974. To date, the authors observe the increase of zooplankton biomass due to the dominance of copepod stages and mature specimens of *E. baicalensis* in its population. The authors assume that the changes observed in the *epischura* population are caused by significant warming in winter and shortening of ice cover period at Lake Baikal.*

**

1. *Афанасьева Э.Л.* Численность и биомасса зоопланктона оз. Байкал в слое 0—50 м // Многолетние показатели развития зоопланктона озер. — М.: Наука, 1973. — С. 176—178.
2. *Афанасьева Э.Л.* Состав, численность и продукция зоопланктона (1961—1974 гг.) // Биологическая продуктивность пелагиали Байкала и ее изменчивость / Под. ред. М. Ю. Бекман. — Новосибирск: Наука, 1977. — С. 39—61.
3. *Афанасьева Э.Л.* Биология байкальской эпишуры. — Новосибирск: Наука, 1977. — 144 с.
4. *Афанасьева Э.Л., Шимараев М.Н.* Многолетние изменения зоопланктона пелагиали озера Байкал в период глобального потепления. Состояние и проблемы продукционной гидробиологии // Сб. науч. работ по материалам докл. на Междунар. конф. «Водная экология на заре XXI века», посвященной столетию со дня рождения профессора Г. Г. Винберга — М.: КМК, 2006. — С. 253—265.
5. *Гайгалас К.С.* К познанию фауны коловраток озера Байкал // Изв. БГНИИ при ИГУ. — 1957. — Т. 17, вып. 1—4. — С. 103—143.
6. *Измestьева Л.Р., Павлов Б.К., Шимараева С.В.* Современное состояние экосистемы озера Байкал и тенденции его изменения // Тез. докл. VIII съезда гидробиол. об-ва РАН. — Калининград, 2001. — Т. 1. — С. 12—14.
7. *Кипрушина К.Н., Измestьева Л.Р.* Многолетняя и сезонная динамика зоопланктона открытой части Южного Байкала // Вестн. Томск. гос. ун-та. — 2009. — № 328. — С. 191—195.
8. *Кожов М.М., Помазкова Г.И.* Озеро Байкал // Многолетние показатели развития зоопланктона озер. — М.: Наука, 1973. — С. 133—178.
9. *Кожова О.М., Мельник Н.Г.* Инструкция по обработке проб планктона счетным методом. — Иркутск, 1978. — 52 с.
10. *Куимова Л. Н., Якимова Н.И., Шерстянкин П.П.* Тенденция климатических изменений температурного и ледового режима озера Байкал и Арктики по наблюдаемым данным // Шестая междунар. Верещагинская Байкальская конф.: Тез. докл. и стендовых сообщений. — Иркутск, 2015. — С. 34.
11. *Пислегина Е.В.* Зависимость пелагического зоопланктона от температуры воды в Южном Байкале // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов. — Иркутск, 2005. — С. 426—428.
12. *Помазкова Г.И.* Сезонная и годовая динамика численности и биомассы зоопланктона в озере Байкал (район Больших Котов, 1956-1966 гг.) // Исследования гидробиологического режима водоемов Восточной Сибири. — Иркутск, 1971. — С. 17—26.
13. *Тимошкин О.А., Мальник В.В., Сакирко М.В. и др.* Экологический кризис в прибрежной зоне озера Байкал // Шестая междунар. Верещагинская Байкальская конф.: Тез. докл. и стендовых сообщений. — Иркутск, 2015. — С. 40—42.

14. Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г. Зоопланктон южной части пролива Малое Море (оз. Байкал) // Биология внутр. вод. — 2005. — № 4. — С. 42—49.
15. Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г. Особенности развития коловраток пролива Малое Море (оз. Байкал) // Коловратки (Таксономия, биология и экология): Тез. и материалы IV Междунар. конф. по коловраткам. — Борок, 2005. — С. 320—330.
16. Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г., Кипрушина К.Н. Многолетняя динамика численности зоопланктона открытой части пролива Малое Море (оз. Байкал) // Бюл. МОИП. Отд. биол. — 2009. — Т. 114, вып. 3, прилож. 1, ч. 2. — С. 505—510.
17. Шимараев М.Н., Афанасьева Э.Л. Влияние температурных условий на межгодовые изменения летнего зоопланктона пелагиали // Биологическая продуктивность пелагиали Байкала и ее изменчивость / Под ред. М. Ю. Бекман. — Новосибирск: Наука, 1977. — С. 61—76.
18. Шимараев М.Н., Синюкович В.Н., Сизова Л.Н. и др. Изменение ледо-во-термического и водного режима озера Байкал в 1950—2014 гг. // Шестая междунар. Верещагинская Байкальская конф.: Тез. докл. и стендовых сообщений. — Иркутск, 2015. — С. 34.
19. Hampton S.E., Izmesteva L.R., Moore M.V. et al. Sixty years of environmental change in the world's largest freshwater lake-lake Baikal, Siberia // Global Change Biology. — 2008. — Vol. 14. — P. 1—12.

¹ Лимнологический институт СО РАН,
Иркутск, РФ

² Иркутский государственный университет,
Иркутск, РФ

Поступила 31.05.16