

На правах рукописи

Кипрушина Ксения Никаноровна

**ЗООПЛАНКТОН ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА И
ПРОЛИВА МАЛОЕ МОРЕ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

03.02.10 – гидробиология

Красноярск - 2010

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте биологии при Иркутском государственном университете (г. Иркутск)

Научный руководитель: кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Измествьева Любовь Равильевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, в.н.с.
Дубовская Ольга Петровна

кандидат биологических наук, с.н.с.
Деревенская Ольга Юрьевна

Ведущая организация: Институт водных и экологических
проблем СО РАН (г. Барнаул)

Защита состоится «10» декабря 2010 г. в 10 часов на заседании
объединенного диссертационного совета ДМ 212.099.15 при Сибирском
федеральном университете по адресу: 660041, Красноярск, пр.
Свободный, 79, ауд. Р8-06.
Тел./факс: (391) 291-28-29

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Сибирского федерального
университета.

Автореферат разослан «10 » ноября 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор биологических наук, доцент



Гаевский Н.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Озеро Байкал – Участок Всемирного природного наследия, а также стратегический запас пресной воды РФ. Поэтому знание биологических процессов, происходящих в озере, их тенденций и направленности крайне важно, особенно в настоящее время, когда во многих водоемах наблюдаются негативные как для биоты водоемов, так и для водопользователей, явления.

Закономерности динамики зоопланктона Байкала, с одной стороны, достаточно хорошо изучены. Однако в настоящее время к естественным экологическим факторам добавился неизученный фактор с неизвестными последствиями, а именно глобальное изменение климата. Не умаляя ценность исследований наших предшественников, заметим, что фактический материал, отбираемый НИИ биологии в Южном Байкале, непрерывно пополняется. Это позволяет рассмотреть закономерности функционирования сообщества зоопланктона в более широких экологических условиях, вызванных, возможно, глобальным потеплением климата, которое может привести к кардинальному изменению гидрофизического режима озера. А это может повлечь за собой непредсказуемые изменения в структурной и функциональной организации пелагического сообщества Байкала (Hampton et al., 2008; Marianne et al., 2009).

Сравнение качественного и количественного состава зоопланктона в разных районах Байкала, в частности в его южной котловине и в проливе Малое Море, позволит оценить, насколько синхронно развивается сообщество зоопланктона в разных районах Байкала, а также вычленить глобальные, общелбайкальские и локальные экологические факторы, определяющие структурную организацию и динамику численности зоопланктонов. Кроме того, Малое Море – специфический район Байкала, в котором нагуливаются крупные скопления омуля. Таким образом, оценка

изменчивости численности зоопланктона в Малом Море как кормовой базы, является самостоятельной научной задачей.

Цель и задачи исследования: оценить современный статус (1997–2007 гг.) сообщества зоопланктона по его количественным и качественным характеристикам в двух районах Байкала – Южной котловине и в проливе Малое Море. Путем сравнения с данными 1951 г. определить направленность происходящих в сообществе изменений и господствующие тенденции. Выявить факторы, наибольшим образом влияющие на межгодовые изменения состояния сообщества зоопланктона и дать прогноз состояния сообщества в меняющихся условиях среды.

В соответствии с поставленной целью необходимо было решить следующие **задачи:**

1. описать видовой состав зоопланктона открытой части Южного Байкала и пролива Малое Море в современный период и рассчитать среднегодовые и среднемноголетние значения его численности;
2. установить особенности структурной организации сообщества зоопланктона в двух районах озера Байкала;
3. сравнить изменчивость количественных показателей развития разных групп зоопланктона в разные по температурным условиям годы в двух районах Байкала, проанализировать связь основных групп зоопланктона от температуры воды;
4. рассмотреть особенности сезонной и вертикальной динамики зоопланктона в контрастные по температурному режиму годы;
5. путем сравнения полученных современных результатов с имеющимися литературными данными 50-х годов прошлого столетия, определить изменения в сообществе зоопланктона в открытой части пролива Малое Море и Южного Байкала.

Положения, выносимые на защиту.

1. Межгодовая динамика зоопланктона пелагиали Южного Байкала и Малого Моря носит колебательный характер, и в исследуемый период не

имеет достоверного временного тренда. Межгодовая и сезонная динамика количественных и качественных характеристик зоопланктонного сообщества в значительной степени зависит от температурного режима.

2. Многолетняя и сезонная динамика структурных показателей, общей численности зоопланктона и отдельных его составляющих в Малом Море и в Южном Байкале зависят как от глобальных, так и от местных факторов.

3. Сообщество зоопланктона Малого Моря по видовому составу носит менее «байкальский» характер. Пределы изменчивости общей численности зоопланктона и отдельных его составляющих в Малом Море гораздо шире, чем в пелагиали Южного Байкала. Но средние значения показателей находятся на одном уровне. Таким образом, пелагиаль Южного Байкала отличается от пролива Малое Море менее разнообразными, но более стабильными во времени количественными и качественными характеристиками сообщества зоопланктона.

Научная новизна исследования. Впервые проведен анализ многолетней, сезонной и вертикальной изменчивости структуры и численности зоопланктона в Южном Байкале и в проливе Малое Море в современный период (1997–2007 гг.). Установлены статистические параметры выборок численности. Проведено сравнение количественных характеристик зоопланктона Южного Байкала и Малого Моря в 50-е годы прошлого столетия и в современный период. Проанализирована зависимость количественных и качественных показателей развития зоопланктона от некоторых факторов среды.

Практическая значимость. Работа являлась частью комплексных исследований по госбюджетной теме Минобразования РФ «Исследование структуры, функционирования, эволюции экосистем водоемов Байкальского региона» (№ 3.13.03). 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) и Иркутского государственного

университета. Полученные данные представляют ценность с точки зрения их дальнейшего использования при мониторинге экосистемы озера и исследованиях состояния рыбопродуктивности водоема. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методических материалов и курсов по «Общей гидробиологии», «Экологии».

Апробация работы. Материалы, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на Международной конференции молодых ученых «Молодежь в науке – 2009» (Минск, 2009), на I-ой Международной научно-практической конференции «Экологический мониторинг и биоразнообразии» (Ишим, 2009), на Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы биологии и экологии Байкальского региона» (Иркутск 2009), на Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы сохранения биологического разнообразия Волжского бассейна и сопредельных территорий» (Чебоксары, 2009).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ, в том числе 1 – в ведущем рецензируемом научном журнале (перечень ВАКа).

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю – к.б.н., зав. лаб. общей гидробиологии Л.Р. Измestьевой; научному консультанту к.б.н., с.н.с. лаборатории гидробиологии ЛИН СО РАН г. Иркутска Н.Г. Шевелевой за неоценимую помощь, консультации и дружескую поддержку; всем участникам комплексных исследований на станции № 1 Южного Байкала. Автор также признателен к.б.н., доценту, зав. кафедрой биологии О.Г. Пеньковой (ВСГАО, г. Иркутск) и д.б.н., профессору, заведующему кафедрой экологии ВСГАО С.В. Пыжьянову за помощь в сборе первичного материала в проливе Малое Море.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и перечня использованной литературы, включающей 178 источников, из них 20 на иностранном языке. Работа изложена на 157 страницах и содержит 68 рисунков, 20 таблиц и 1 приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Литературный обзор

1.1. Характеристика района исследования

Глава содержит краткий физико-географический очерк Байкала, основные характеристики гидрологического, гидрохимического и температурного режимов озера. Как среда обитания зоопланктона, воды Байкала характеризуются относительно низкими температурами воды, короткими сроками летнего прогрева, интенсивным вертикальным и горизонтальным водообменом, низкой минерализацией и низким количеством органического вещества, высокой концентрацией кислорода.

1.2. История исследования зоопланктона Байкала

В главе показана степень изученности сообщества зоопланктона, в частности особенности его горизонтального и вертикального распределения, сезонной и межгодовой динамики. Рассмотрено влияние абиотических факторов на развитие зоопланктона в целом.

ГЛАВА 2. Материалы и методы

Материалом для исследования послужили пробы зоопланктона, собранные в 1997–2007 гг. в открытой части Южного Байкала (станция № 1) (рис. 1 А) и пролива Малое Море (рис 1 Б).



Рис. 1. Карта–схема Байкала. А – Южный Байкал; Б – пролив Малое Море. Кружком отмечено место отбора проб.

Станция № 1 располагается на расстоянии 2,7 км от западного берега (51°54'195 С.Ш., 105°04'235 В.Д.) над глубиной около 800 м. Пробы здесь отбирались еженедельно (за исключением времени становления и вскрытия

ото льда). Облавливали слой 0–150 м по фракциям: 150–100, 100–50, 50–25, 25–10, 10–0 м. На горизонтах 0, 5, 10, 25, 50, 100, 150 м ртутным термометром измеряли температуру воды. Орудие лова – планктонная сеть Джеди с диаметром входного отверстия 37,5 см и размером ячеей 100 мкм.

Точка отбора проб в Малом Море имеет координаты 53°13'544 С.Ш. и 107°12'555 В.Д., расположена над глубиной более 50 м. Пробы отбирались ежедекадно в 1997–2007 гг. в период открытой воды (май–октябрь), облавливали верхний 25-метровый слой.

Камеральную обработку проб зоопланктона проводили по стандартным методикам (Киселев, 1969, Кожова, Мельник, 1978). При определении видов использовали работы (Кутикова, 1970; Борущкий и др., 1991; Определитель..., 1995; Смирнов и др., 2007; Kieffer, Fryer, 1978; Dussart, Defaye, 1985; Fryer, 1987; Huys, Voxchall, 1991; Segers, 1995; Smirnov, 1996; Sinev, 1997; Orlova-Bienkowskaja, 2001).

В данной работе для исследования вертикальной динамики в разные сезоны года рассмотрен слой 0–150 м, для изучения сезонной и многолетней динамики слой 0–25 м.

Для сравнительного анализа сообщества зоопланктона открытой части Южного Байкала и пролива Малое Море использовались выборки синхронизированных по времени данных.

Всего проанализировано 176 сетных проб зоопланктона, часть из которых – выборки из базы данных «Планктон». При анализе использовали средневзвешенные значения, рассчитанные как взвешенная арифметическая средняя (Закс, 1976). Структурообразующий комплекс зоопланктона выделен на основе функции рангового распределения относительного обилия видов (Федоров, 1970).

При исследованиях применялись микроскоп МБИ-3 и бинокляр МБС-10. Организмы фотографировали при помощи световых микроскопов Axiovert-200 и AxioStar plus на базе ЛИН СО РАН г. Иркутска.

Статистическая обработка данных проведена с помощью компьютерной программы MS Excel XP (Microsoft Inc.).

ГЛАВА 3. Современное состояние сообщества зоопланктона пелагиали Южного Байкала и пролива Малое Море

3.1. Видовой состав

В диссертации приведен полный список низших ракообразных и коловраток в районах исследования в 1997–2007 гг.

К настоящему времени качественных изменений в видовом составе зоопланктона Южного Байкала не произошло. Состав зоопланктона пролива Малое Море по сравнению с данными И.К. Вилисовой (1959), увеличился на 28 видов, по сравнению с данными Н.Г. Шевелевой, О.Г. Пеньковой (2005), пополнился 14 видами. Обогащение видового состава зоопланктона пролива происходит за счет видов, которые населяют заливы Малого Моря, в первую очередь залив Мухор (рис. 1 Б) и появляются в открытой части Малого Моря за счет выноса из заливов. Очевидно, интенсивность этого выноса различна в разные по гидрометеорологическим условиям годы. По сравнению с предыдущими исследованиями в данной работе рассмотрен более длинный ряд наблюдений (1997–2007 гг.), в который, несомненно, вошли более разнообразные по гидрометеорологическим условиям годы. За счет этого, очевидно, и увеличивается список видов. Таким образом, таксономический состав зоопланктона пролива Малое Море более разнообразен и по видовому составу носит менее «байкальский» характер (табл. 1).

Таблица 1

Таксономическое разнообразие зоопланктона в открытой части Южного Байкала и пролива Малого Моря

Таксоны	Южный Байкал			Малое Море		
	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Rotifera	Cladocera	Copepoda
Отряды	3	1	2	3	2	3
Семейства	7	2	3	10	4	4
Рода	11	3	4	16	8	9
Вид	13	3	4	29	12	10

3.2. Многолетняя динамика численности зоопланктона в 1997–2007 гг.

Температурный режим водоема является важнейшим фактором, обуславливающим динамику сообщества зоопланктона. Средне многолетняя средневзвешенная температура воды в слое 0–25 м составила $5,07 \pm 0,31^\circ\text{C}$ (рис. 2), максимальная зарегистрирована в 2002 г. ($6,6 \pm 0,9^\circ\text{C}$). К теплым годам можно отнести 2005 и 2007 гг. К холодным – 2000, 2001 и 2003 гг. Остальные годы с обычным температурным режимом.

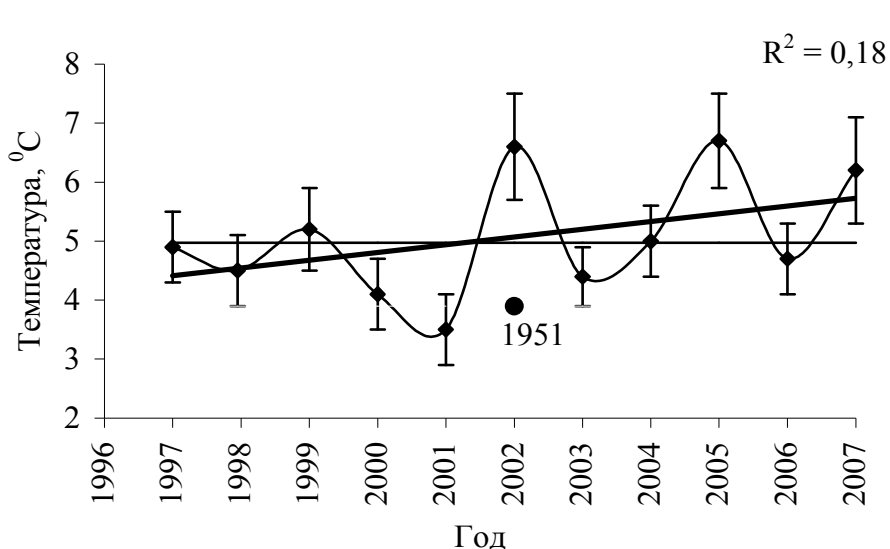


Рис. 2. Среднегодовая средневзвешенная температура воды в слое 0–25 м в пелагиали Южного Байкала (против пос. Б. Коты).

В Южном Байкале наибольшей была доля *E. baicalensis*, доля *C. kolensis*, Rotifera, Cladocera была существенно ниже (рис 3 А). В проливе Малое Море доля *E. baicalensis* практически вдвое меньше по сравнению с Южным Байкалом за счет увеличения главным образом доли *C. kolensis* (рис. 3 Б).

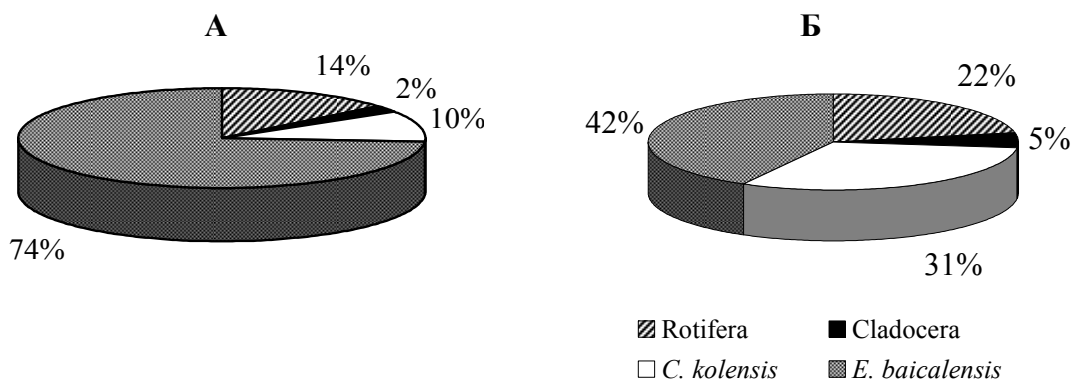


Рис. 3. Структура общей численности зоопланктона в 1997–2007 гг. А – Южный Байкал; Б – пролив Малое Море.

Общая численность зоопланктона открытой части Южного Байкала изменялась в период исследований более чем в 70 раз – от 37,47 до 2670,20

тыс.экз./м² со средним значением для всей выборки $721,63 \pm 86,89$ тыс.экз./м². Общая численность зоопланктона пролива Малое Море более изменчива, она изменялась более чем в 900 раз – от 6,25 до 5908,50 тыс.экз./м². Но при этом среднее значение выборки близко к таковому в Южном Байкале – $721,43 \pm 174,11$ тыс.экз./м². Максимальные значения общей численности и в Южном Байкале и в проливе Малое Море приходятся на самый теплый 2002 г., а минимальное, соответственно, на обычный по температурному режиму 1998 г.

В многолетней динамике общей численности зоопланктона в Южном Байкале кроме 2002 г. ($1153,52$ тыс.экз./м²) выделяются еще два близких по значениям пика численности – в 2000 и 2005 гг. ($1175,71$ тыс.экз./м² и $1119,08$ тыс.экз./м² соответственно) (рис. 4 А).

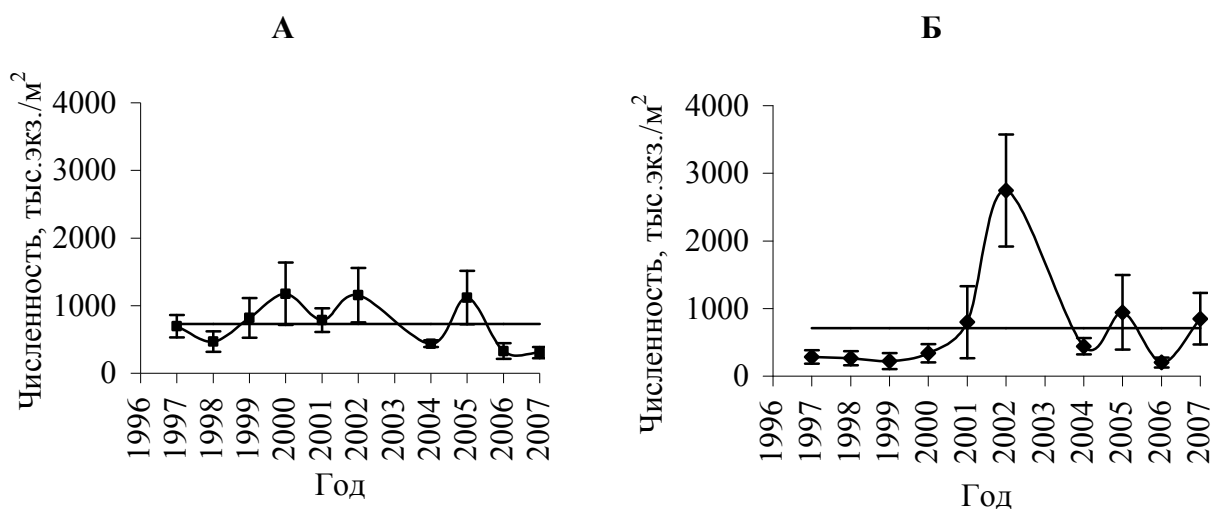


Рис. 4. Многолетняя (среднегодовая) динамика общей численности зоопланктона под м² в слое 0–25 м. А – Южный Байкал; Б – пролив Малое Море.

В многолетней динамике общей численности зоопланктона пролива Малое Море, кроме 2002 г. ($2745,86$ тыс.экз./м²), численность незначительно выше среднемноголетней зарегистрирована как и в Южном Байкале в 2005 г. ($942,30$ тыс.экз./м²), а также в 2007 г. ($849,56$ тыс.экз./м²), когда в Южном Байкале численность была низкой (рис.4 Б).

Межгодовая динамика зоопланктона и в Южном Байкале и в проливе Малое Море в исследованный нами период носит колебательный характер и не имеет достоверного временного тренда.

E. baicalensis. В Южном Байкале общая численность *E. baicalensis* – консумента I порядка изменялась от 8,10 до 1611,90 тыс.экз./м², со средним значением для всей выборки 453,98±54,37 тыс.экз./м². В проливе Малое Море – от 0,40 до 4636,50 тыс.экз./м², со средним значением для всей выборки 312,55±105,95 тыс.экз./м². Т. е. при большем разбросе значений численности эпишуры, среднее ее значение в Малом Море меньше, чем в Южном Байкале.

В Южном Байкале многолетняя динамика эпишуры имеет один хорошо выраженный максимум численности в 2000 г. (рис. 5 А), когда температура воды была сравнительно низкой, 4,1±0,6°С (рис. 2). В проливе Малое Море многолетняя динамика эпишуры имеет также один хорошо выраженный максимум численности (рис. 5 Б), но этот максимум зарегистрирован, в отличие от Южного Байкала, в самом теплом 2002 г. (6,6±0,9°С).

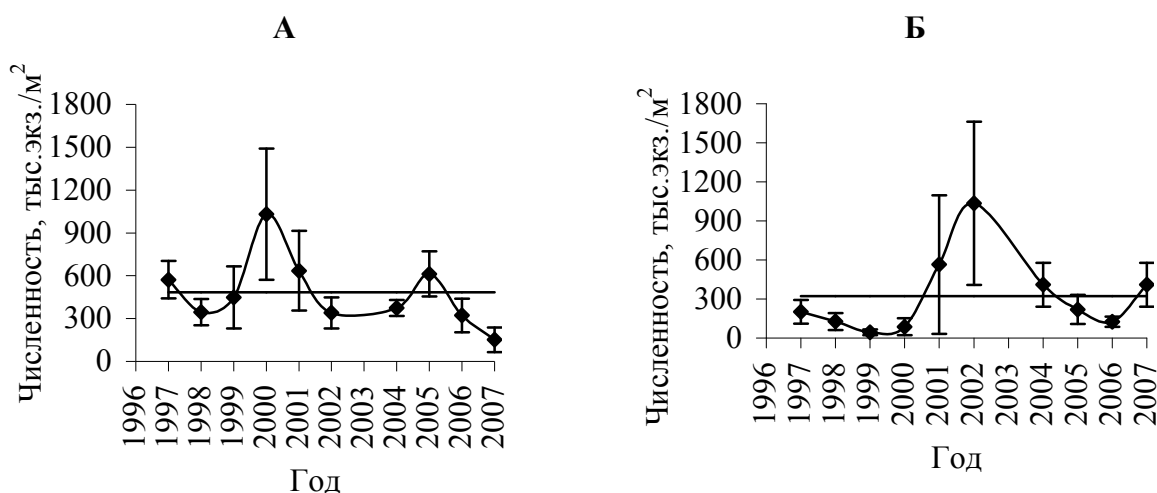


Рис. 5. Многолетняя (среднегодовая) динамика общей численности *E. baicalensis* под м² в слое 0–25 м. А – Южный Байкал; Б – пролив Малое Море.

В Южном Байкале с повышением среднегодовой температуры воды среднегодовая численности эпишуры уменьшается, доля объясненной вариации зависимости составляет 31%, коэффициент корреляции отрицателен и значимо отличается от нуля на уровне значимости $P \leq 0,05$. В проливе Малое Море зависимость слабо выражена ($R^2=0,20$), на уровне тенденции, коэффициент корреляции незначимо отличается от нуля, но следует подчеркнуть, что эта тенденция в отличие от Южного Байкала, положительна.

C. kolensis. Как известно, в отличие от холодолюбивого эндемика *E. baicalensis*, является теплолюбивым и связан с эпишурой отношениями «хищник-жертва». В Южном Байкале общая численность *C. kolensis* за исследуемый период изменялась от 0,45 до 1785,38 тыс.экз./м² со средним значением $169,39 \pm 62,47$ тыс.экз./м². В проливе Малое Море общая численность *C. kolensis* изменялась от 0,75 до 3195,00 тыс.экз./м² со средним значением $254,91 \pm 87,62$ тыс.экз./м², т. е. была выше, чем в Южном Байкале.

В Южном Байкале многолетняя динамика численности циклопа имеет два хорошо выраженных пика численности в 1999 и 2002 гг. (рис. 6 А), при самой высокой температуре воды ($5,2 \pm 0,7^\circ\text{C}$ и $6,6 \pm 0,9^\circ\text{C}$). Циклоп, в благоприятные для его развития годы, например в теплый 2002 г., может давать численность, равную по значению среднегодовой численности эпишуры и даже занимать доминирующее положение в сообществе зоопланктона.

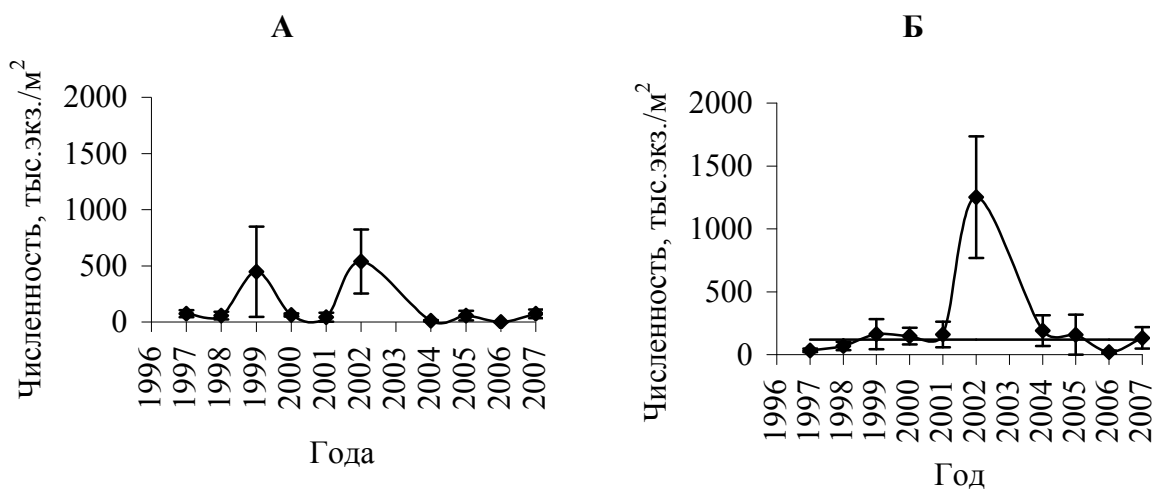


Рис. 6 Многолетняя (среднегодовая) динамика общей численности *C. kolensis* под м² в слое 0–25 м. А – Южный Байкал; Б – пролив Малое Море.

В проливе Малое Море многолетняя динамика численности циклопа (рис. 6 Б), имеет один хорошо выраженный максимум численности – в 2002 г., когда была отмечена самая высокая температура воды.

В Южном Байкале зависимость среднегодовой численности циклопа от температуры воды лучше всего описывается линейным уравнение регрессии с $R^2=0,29$. В отличие от эпишуры коэффициент корреляции положителен и статистически значимо отличается от нуля при уровне значимости $P < 0,05$.

Более тесная зависимость обнаружена между годовыми градиентами среднегодовой средневзвешенной температуры воды и годовыми градиентами численности циклопа. Зависимость имеет не только качественный, но и количественный характер (рис 7). Доля объясненной вариации высока и составляет 0,72, значимо отличаясь от нуля при $P < 0,001$. Таким образом, межгодовые изменения численности циклопа регулируются не столько абсолютными значениями температуры воды, сколько ее межгодовыми изменениями.

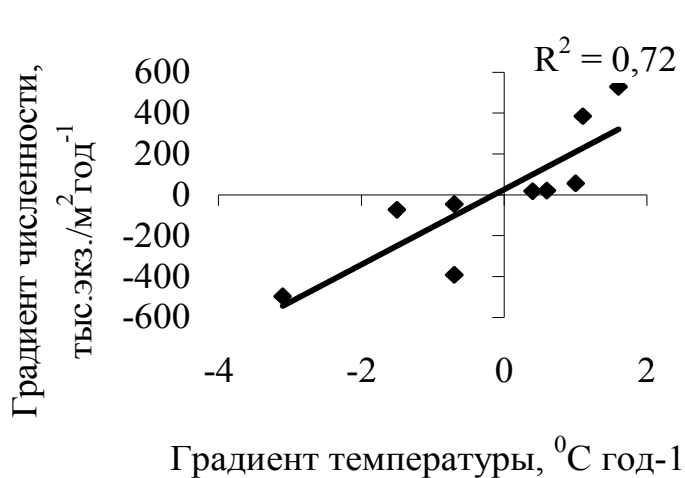


Рис. 7. Зависимость годового градиента численности циклопа от годового градиента температуры воды.

В Малом Море зависимость численности циклопа от температуры воды носит аналогичный характер с $R^2=0,34$ между температурой и численностью циклопа и $R^2=0,69$ между годовыми градиентами температуры воды и годовыми градиентами численности циклопа.

Коловратки самая обильная по числу видов группа в пелагиали Южного Байкала (Гайгалас, 1957; Кутикова, 1986; Помазкова, 1970 и мн. др.) и пролива Малое Море (Шевелева, Пенькова, 2005). Но их роль в общей численности зоопланктона низка, а частота встречаемости разных видов колеблется в Южном Байкале от 2 до 82% и в проливе Малое Море от 2 до 100%. В Южном Байкале наиболее часто, более чем в 50% случаев, встречаются 3 вида круглогодичных коловраток – *K. longispina*, *K. quadrata* и *F. terminalis*. В Малом Море более чем в 50% случаев встречаются 5 видов – *K. longispina*, *K. quadrata*, *F. terminalis*, *A. priodonta* и *K. cochlearis*.

В Южном Байкале и в Малом Море общая численность коловраток в исследуемый период была крайне неустойчива и изменялась в тысячи раз, а средние значения для двух районов исследования значимо не отличались и составляли $127,82 \pm 24,82$ и $130,93 \pm 37,40$ тыс.экз./м² соответственно. .

В Южном Байкале многолетняя динамика численности коловраток имела один хорошо выраженный пик, с максимальным среднегодовым значением $431,59$ тыс.экз./м² в 2005 г., главным образом, за счет массового развития *C. unicornis*.

В проливе Малое Море отмечено 3 пика численности. Максимальная среднегодовая численность $543,17$ тыс.экз./м², так же как и в Южном Байкале, отмечена в 2005 г. В многолетние изменения численности коловраток (1997–2007 гг.) отмечен положительный тренд ($R^2=0,32$).

В Южном Байкале зависимость численности коловраток непосредственно от температуры воды не выражена (рис. 8 А).

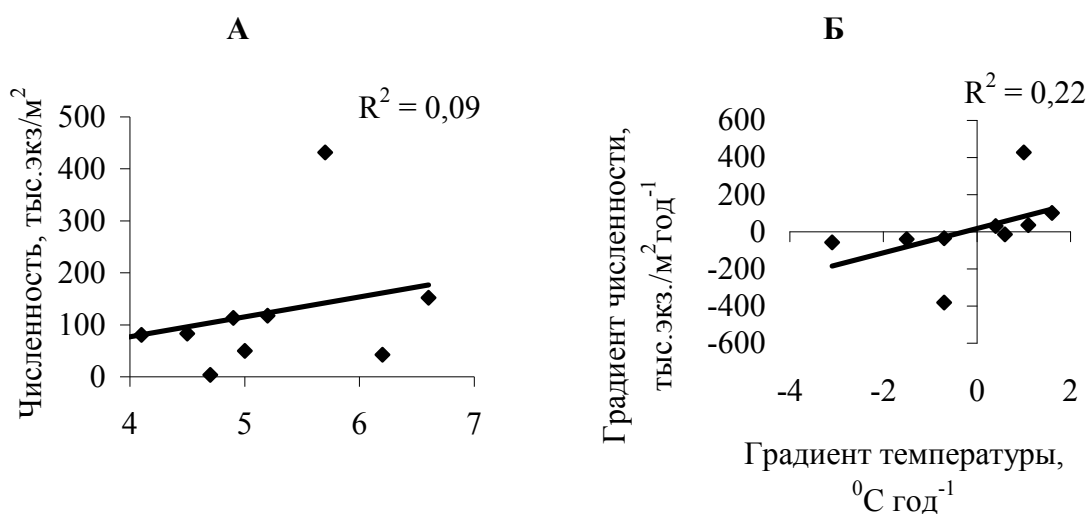


Рис. 8. А – зависимость численности Rotifera от температуры воды в слое 0–25 м в Южном Байкале; Б – зависимость между градиентом температуры воды и градиентом численности Rotifera в слое 0–25 м.

Но как и в случае с циклопом, в 8 случаях из 9 межгодовые изменения температуры воды и численности коловраток однонаправлены. Зависимость носит линейный характер с долей объясненной вариации 22%, а коэффициент корреляции значимо отличается от нуля на уровне $P < 0,05$. Таким образом, эту группу зоопланктеров можно считать положительно реагирующей на изменения температуры воды.

В проливе Малое Море наблюдается положительная зависимость численности коловраток от температуры воды. Для этой группы зоопланктона связь между численностью и температурой самая высокая среди всех групп – $R^2=0.50$, а коэффициент корреляции достоверно отличается от нуля на уровне при $P<0,01$.

Ветвистоусые. В Южном Байкале и в проливе Малое Море максимальная (763,43 тыс.экз./м² и 554,40 тыс.экз./м² соответственно) и средняя (52,52 и 37,36 тыс.экз./м²) численность ветвистоусых значимо не различаются. Пик численности ветвистоусых в обоих районах наблюдался в аномально теплом 2002 г., при доминировании дафнии, в прочие годы лидером была босмина. Даже при незначительных колебаниях температуры в пределах, свойственных для обычных лет, зависимость численности ветвистоусых от температуры носит положительный характер, а коэффициент корреляции значимо отличается от нуля на уровне значимости $P<0,05$. Поэтому можно ожидать резкого увеличения численности этой группы в годы с аномально высокой температурой воды.

ГЛАВА 4. Сезонная динамика зоопланктона пелагиали Южного Байкала и пролива Малое Море

4.1. Динамика структуры

Смена биологических сезонов в пелагиали озера определяется сезонным ходом гидрологических процессов и в зоопланктоне выражается в изменении видового состава, горизонтального и вертикального распределения планктона, в изменении численности и состояния популяций отдельных видов (Ривьер, 1986). Наиболее удачное и четкое определение биологических сезонов пелагиали озера Байкал в их соотношении с термическим режимом водоема приводится М.М. Кожовым (1962). Календарные сроки установления биологических сезонов и их продолжительность могут существенно варьировать в разные годы, поскольку, как уже отмечено выше, они определяются сезонным ходом гидрологических процессов. Интенсивность последних в разные годы также

различна. Можно предположить, что различия в функционировании сообщества зоопланктона по сезонам наиболее ярко должны проявляться в годы с различным температурным режимом.

Установлено, что минимальные значения общей численности зоопланктона в Южном Байкале и в проливе Малое Море наблюдаются в обычном по температуре 1998 г., а максимальные – в теплом 2002 г. Поэтому сезонные изменения структурных и количественных показателей в сообществе зоопланктона мы рассмотрели отдельно для обычного 1998 г., и для наиболее теплого 2002 г.

В пелагиали Южного Байкала *E. baicalensis* круглогодично входила в структурообразующий комплекс. Но доля ее в разные по температурным условиям годы в разные сезоны различна. В обычный по температурным условиям 1998 г., эпишура доминирует во все сезоны, в холодные периоды года, весной и ранним летом ее доля составляет до 100%. Поздним летом и осенью эпишура остается доминантом, а ее доля хоть и снижается, но остается высокой – до 60%.

В 2002 г., который отличается наиболее высокой температурой воды, более высокой интенсивностью и более ранними сроками прогревания, уже весной в структурообразующий комплекс входит *C. kolensis*. В начале лета и поздним летом он становится доминирующим, а доля эпишуры снижается до 20–30%.

В проливе Малое Море в обычный по температурному режиму 1998 г. во все периоды исследования с весны до осени также доминировала *E. baicalensis*, но ее доля в структурообразующем комплексе была существенно снижена (34–52%) за счет увеличения доли *C. kolensis* (5–32%).

В 2002 г. уже весной в структурообразующем комплексе отмечается преобладание по численности *C. kolensis* (51%), а не *E. baicalensis* (46%). Далее значимость *C. kolensis* увеличивается до 73% поздним летом, а *E. baicalensis* вообще «выпадает» из доминирующего состава. В осенний период

по-прежнему доминирует *C. kolensis* (57%), численность *E. baicalensis* увеличивается до 20%.

4.2 Динамика численности

Максимальные значения общей численности в Южном Байкале и в 1998 г., и в 2002 г. отмечены поздним летом, но в теплый 2002 г. максимум в 2 раза выше, чем в 1998 г. Максимальные значения численности *E. baicalensis* и коловраток практически не различались, совпали по времени (позднее лето). Пики численности *C. kolensis* и ветвистоусых в 2002 г. по сравнению с 1998 г. были сдвинуты на более ранние сроки – раннее лето и позднее лето соответственно.

В сезонной динамике численности зоопланктона пролива Малое Море в 1998 г. и в 2002 г., также имеются различия. В обычный по температурному режиму 1998 г. пик общей численности зоопланктона в целом, пики численности коловраток и ветвистоусых отмечены осенью, а в 2002 г. они сдвинуты на более ранние сроки – позднее лето. Пик общей численности *E. baicalensis*, напротив, в 1998 г. пришелся на позднее лето, а в теплый 2002 г. был только осень, но при этом значение общей численности *E. baicalensis* в поздне-летний период теплого 2002 г. было в 2,5 раза выше, чем максимальное в 1998 г. Максимальные значения общей численности *C. kolensis* совпали по времени в исследуемые годы, наблюдались поздним летом, но в 2002 г. максимальная численность *C. kolensis* была в 12 раз выше.

ГЛАВА 5. Сезонная динамика вертикального распределения зоопланктона открытой части Южного Байкала

Изменения общей численности зоопланктона в толще воды в течение 1998 г. в обобщенном виде представлены на рис. 9, в 2002 г. – на рис. 10. Хорошо видно, что в более холодном 1998 г. изменения общей численности зоопланктона носили более хаотичный характер, хотя основная масса зоопланктонов была приурочена к наиболее теплым месяцам и верхним слоям воды. В наиболее теплом 2002 г. вертикальные и сезонные максимумы

более «упорядочены». Основная масса зоопланктона была приурочена к наиболее теплым слоям воды и соответственно в наиболее теплое время года.

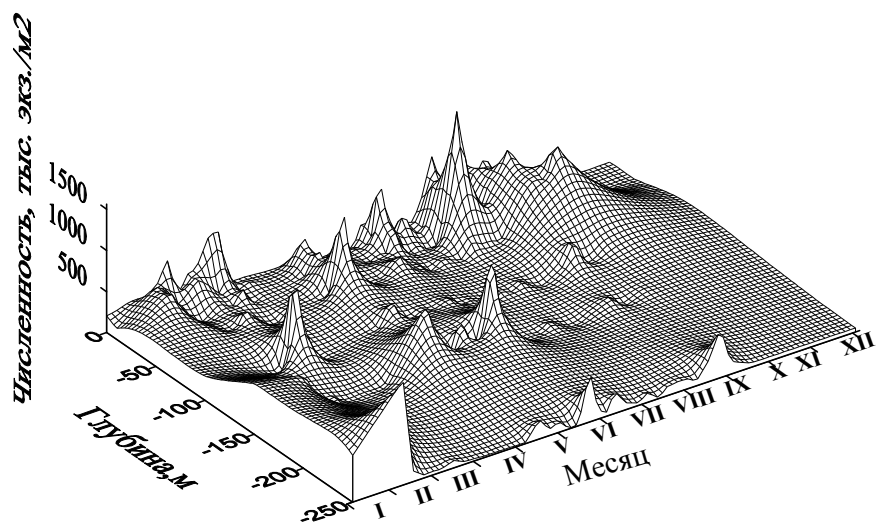


Рис. 9. Сезонная и вертикальная динамика общей численности зоопланктона. Южный Байкал, 1998 г.

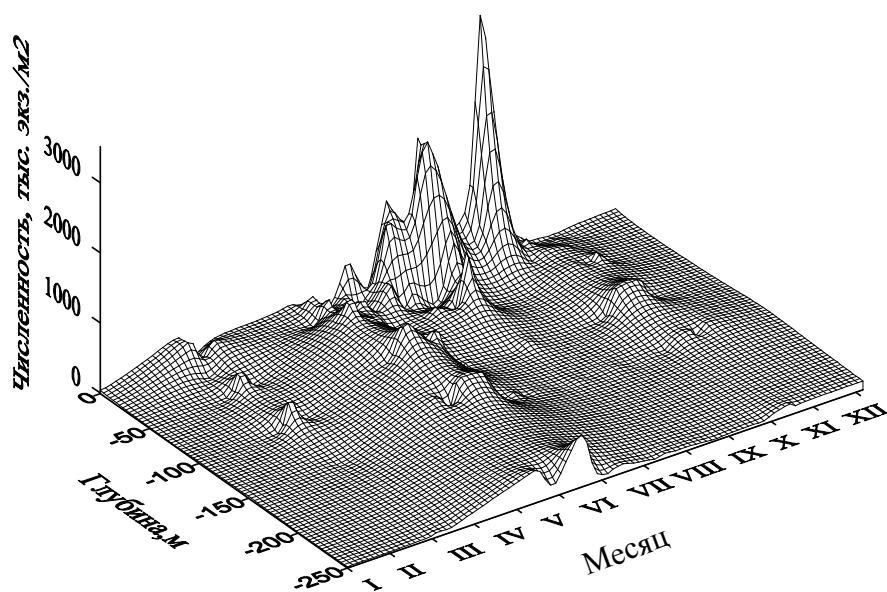


Рис.10. Сезонная и вертикальная динамика общей численности зоопланктона. Южный Байкал, 2002 г.

Более подробно сезонная вертикальная динамика зоопланктона рассмотрена на примере 2002 г., который был наиболее теплым, вследствие чего сезонные и вертикальные изменения температуры воды были выражены наиболее отчетливо.

Для этого мы выбрали четыре «ключевые» даты, наиболее типично отражающие вертикальную стратификацию водных масс. А именно: 4 января – обратная термическая стратификация воды с температурой 1,4°C у поверхности и 3,6°C на глубине 150 м; 13 июня – полная весенняя

гомотермия, с температурой всех исследуемых слоев 3,8°C; 22 августа – классическая прямая термическая стратификация воды с температурой 17,4°C у поверхности и 3,8°C на глубине 150 м, термоклин на глубине 25–50 м; 21 ноября – осенняя гомотермия при температуре 4,4°C (рис. 11).

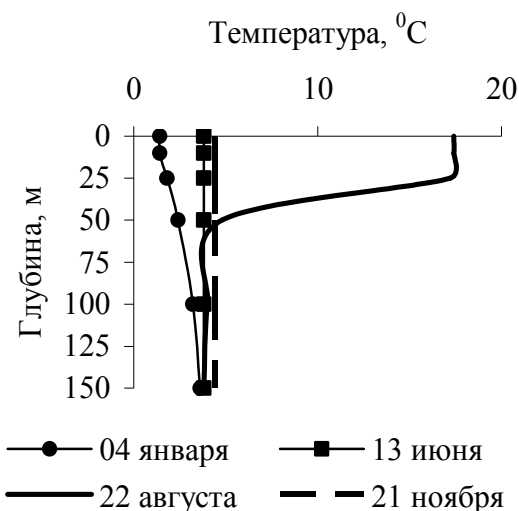


Рис. 11. Температура воды Южного Байкала (Б. Коты) в 2002 г.

Копеподитные стадии эпишуры избегают приповерхностных слоев, образуя максимумы численности во все исследуемые сезоны в слое термоклина, на глубине 25–50 м. Науплиусы ведут себя аналогично, за исключением периода весенней гомотермии, когда они сосредотачиваются в более глубоком слое, 100–150 м.

Копеподиты циклопа в период обратной термической стратификации, весенней гомотермии и прямой термической стратификации держатся в приповерхностном слое 0–10 м. Только в период осенней гомотермии они опускаются в слой 50–100 м.

Науплиусы циклопа в период обратной и прямой термической стратификации держатся в верхних слоях 10–25 м, но глубже, чем копеподиты. В период весенней гомотермии они равномерно рассеяны во всей исследуемой толще. В период осенней гомотермии максимального скопления достигают в слое 50–100 м.

Характерно, что вертикальное распределение науплиальных стадий эпишуры является зеркальным по отношению к распределению

копеподитных стадий циклопа. Учитывая, что эпишура является планктонофагом, а циклоп – хищником, можно считать, что такое соотношение в их распределении вызвано трофическими взаимоотношениями.

Ветвистоусые и коловратки сосредоточены в верхнем слое 0–50 м.

ГЛАВА 6. Сравнение сообщества зоопланктона в 1951 г. и 1997–2007 гг.

6.1. Открытая часть Южного Байкала

1951 г. относился к холодным годам, среднегодовая средневзвешенная температура воды составила $3,9 \pm 0,6^\circ\text{C}$ (см. рис. 2).

Общая численность зоопланктона в 1951 г. изменялась от 61,12 до 895,53 тыс.экз./м² со средним значением для всей выборки $405,82 \pm 59,72$ тыс.экз./м², т.е. была практически в 2 раза ниже, чем среднемноголетнее значение для 1997–2007 гг.

Численность зоопланктона и его отдельных групп рассмотрена для лета и осени, когда она наиболее высока в годовом цикле. Количественные показатели развития зоопланктона в Южном Байкале в 1951 г. и в 1997–2007 гг. близки в июне (табл. 2) В июле, августе и октябре среднее значение общей численности в 1997–2007 гг. в 2 раза больше, чем в 1951 г.

Численность эпишуры в 1997–2007 гг. в августе практически равна таковой в 1951 г., а в июле и октябре в 2 раза больше, чем в 1951 г.

Таблица 2

Отношение численности основных групп зоопланктона в 1997–2007 гг. и 1951 гг. в Южном Байкале

Показатель	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Общая численность	1	2	2	1	2
Эпишура	1	2	1	1	2
Циклоп	-	2	42	7,5	3
Коловратки	-	10	8	3	4

Примечание: здесь и далее «-» отсутствие данных для 1951 г.

Наибольшие изменения численности отмечены для циклопа и коловраток. Средние значения их численности в современный период всегда было выше, чем в 50-е годы прошлого столетия. Различия связаны с тем, что 1951 г. был холодным, а современный период включает в себя более длинный

ряд наблюдений, в который входили разные по гидрометеорологическим условиям годы, в том числе и экстремально теплый 2002 г.

6.2 Открытая часть пролива Малое Море

Для сравнительного анализа зоопланктона открытой части Малого Моря в современный период и в 1951 г., кроме собственных наблюдений использованы данные И.К. Вилисовой (1959). Все данные приведены в один формат, а именно – под м² в слое 0–25 м. При отсутствии данных за какой-либо месяц в материалах И.К. Вилисовой, данные за этот месяц не рассматривались и для современного периода, т.е. изменения численности зоопланктона рассмотрены только в июне, августе и октябре.

В современный период в открытой части пролива Малое Море общая численность зоопланктона и его отдельных составляющих практически всегда была значительно выше, чем в 1951 г. (табл. 3).

Таблица 3

Отношение численности основных групп зоопланктона в 1997–2007 гг. и 1951 г. в проливе Малом Море

Показатель	Июнь	Август	Октябрь
Общая численность	3,5	5	14
Эпишура	4	10	100
Циклоп	-	9	8
Коловратки	-	2	1

Это подтверждает положительное влияние повышенных температур на развитие зоопланктона.

6.3 Сообщество зоопланктона Южного Байкала и пролива Малого Моря в 1951 г.

В холодный 1951 г. в Южном Байкале во все месяцы исследования среднее значение общей численности зоопланктона и численности эпишуры всегда было выше, чем в открытой части пролива Малое Море (табл. 4).

Таблица 4

Отношение численности основных групп зоопланктона в 1951 г. в Южном Байкале и проливе Малом Море

Показатель	Июнь	Август	Октябрь
Общая численность	3	3	2
Эпишура	3	21	11
Циклоп	-	0,1	0,5
Коловратки	-	0,2	0,6

Среднее значение численности циклопа и коловраток в Южном Байкале, напротив, было меньше (табл. 4).

ВЫВОДЫ

1. Межгодовая динамика зоопланктона пелагиали Южного Байкала и пролива Малое Море носит колебательный характер, и в исследуемый период не имеет достоверного временного тренда.

2. Общие черты в функционировании сообщества зоопланктона двух исследованных районов – синхронность максимального (теплый 2002 г.) и минимального уровней (обычный 1998 г.) общей численности зоопланктона. В годы с высоким уровнем развития зоопланктона, в Малом Море его общая численность выше, чем в Южном Байкале. В годы с низким уровнем развития, напротив, численность в Южном Байкале выше. Таким образом, ритмы развития сообщества зоопланктона в двух районах, его количественные характеристики имеют и черты сходства, обусловленные общесибирскими климатическими факторами, и черты различия, обусловленные местными условиями.

3. Пелагиаль Южного Байкала отличается от пролива Малое Море менее разнообразным, но более стабильным во времени видовым составом зоопланктона. Основу численности здесь составляла *E. baicalensis* (74%). В проливе Малое Море доля *E. baicalensis* существенно снижена (42%) за счет увеличения доли *C. kolensis* (31%). Различия в составе зоопланктона между этими районами еще более усиливаются в аномально теплый год – в Малом Море во все сезоны теплого года доминирует *C. kolensis*, а поздним летом *E. baicalensis* даже не входит в число доминантов.

4. Численность циклопа, коловраток и ветвистоусых в двух исследованных районах положительно связана с температурой воды.

5. Численность эпишуры в проливе Малое Море положительно связана с температурой воды, а в Южном Байкале, в годы с высокой температурой, ее численность уменьшалась. Это может быть связано и с ее экологической адаптированностью к низким температурам вод в Байкале, и с увеличением пресса циклопа.

6. Сезонная динамика структурообразующего комплекса определяется абсолютными значениями максимальной температуры воды, скоростью и интенсивностью ее прогрева. Сезонная динамика общей численности зоопланктона и отдельных его видов определяется этим же фактором.

7. Вертикальное распределение зоопланктона и слагающих его видов различно в разные сезоны года. При обилии фитопланктона, во время прямой летней стратификации и осенней гомотермии, науплиальные и копепоидные стадии эпишуры сосредоточены в слое термоклина, в период обратной термической стратификации и весенней гомотермии – в более глубоких слоях воды. Копепоиды и науплии циклопа, в отличие от эпишуры, летом предпочитают более поверхностные и прогретые горизонты, а в периоды гомотермии рассеяны по всей волной толще. Вертикальное распределение науплиальных стадий эпишуры летом является зеркальным по отношению к копепоидным стадиям циклопа. Можно предполагать, что такое соотношение вызвано их трофическими взаимоотношениями. Ветвистоусые и коловратки сосредоточены в верхнем слое 0–50 м.

8. В Южном Байкале только численность эпишуры в 1951 и 1997–2007 *Epischura baicalensis* (самец) гг. изменялась в близких пределах. Средние значения численности циклопа, коловраток в современный период всегда были выше.

9. В современный период в Малом Море общая численность зоопланктона и его отдельных составляющих всегда была значительно выше, чем в 1951 г. Состав зоопланктона по сравнению с 1951 г. увеличился на 28 видов. Это может быть вызвано изменением гидрометеорологического режима и выноса нехарактерных для пролива видов из прилегающих заливов.

Таким образом, в настоящий момент, изменчивость сообщества зоопланктона Байкала определяется естественными факторами, в первую очередь климатическими. Существенное изменение этих факторов, как например, глобальное потепление климата, может изменить привычный

облик байкальского зоопланктона в сторону более обычного, характерного для мелководных озер.

Основные положения и полученные результаты отражены в следующих публикациях автора.

Статьи в рецензируемых журналах из списка изданий, рекомендованных ВАК для публикаций результатов кандидатских диссертаций.

1. Кипрушина К.Н. Многолетняя и сезонная динамика зоопланктона открытой части Южного Байкала / К.Н. Кипрушина, Л.Р. Измestьева // Вестник Томского государственного университета. – 2009б. – № 327. – С. 202–207.

Прочие публикации.

2. Кипрушина К.Н. Состав и структура зоопланктона пелагиали Среднего и Южного Байкала / К.Н. Кипрушина // Экологический мониторинг и биоразнообразиие. – Ишим, 2009. – Т. 4. – № 1–2. – С 108–116.

3. Кипрушина К.Н. Сезонная динамика вертикального распределения зоопланктона открытой части Южного Байкала (район Больших Котов) / К.Н. Кипрушина // Известия Иркутского государственного университета. – 2009. – Сер. биол., экол. наук. – Т 2. – № 1. – С 39–44.

4. Кипрушина К.Н. Видовой состав зоопланктона пелагиали Южного Байкала (Б. Коты) и пролива Малое Море / К.Н. Кипрушина // Проблемы сохранения биологического разнообразия Волжского бассейна и сопредельных территорий. – Чебоксары, 2010. – С. 38–40.

5. Шевелева Н.Г. Многолетняя динамика численности зоопланктона открытой части пролива Малое Море (оз. Байкал) / Н.Г. Шевелева, К.Н. Кипрушина // Бюллетень Московского общества испытателей природы. – М., 2009. – Т. 114, вып. 3. – С. 505–510.