

На правах рукописи

Макаркина
Наталья Викторовна

**СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА СТЕПНЫХ
БЕССТОЧНЫХ ОЗЕР
БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ**

03.00.16 – экология

03.00.18 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Улан – Удэ – 2009

Работа выполнена на кафедре биологии ГОУ ВПО «Восточно – Сибирская государственная академия образования»

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент
Пенькова Ольга Геронимовна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Пронин Николай Мартимьянович

кандидат биологических наук
Итигилова Мыдыгма Цыбекмитовна

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

Защита состоится «25» декабря 2009 г. в 15.00 часов на заседании Диссертационного совета Д 212.022.03 при Бурятском государственном университете по адресу: 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, конференц – зал.
Факс: (3012) 210588
E- mail: d21202203@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского государственного университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2009 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Н.А. Шорноева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Минеральные озера широко распространены в аридных зонах Байкальской Сибири. Они представляют собой уникальные природные объекты живой природы и экстремальные экосистемы.

Гидробиологические исследования внутренних бессточных водоемов Байкальской Сибири на данный момент не достаточны. В последние годы возрос интерес к биоразнообразию и функционированию микробных сообществ содовых озер и приозерных солончаков Боронгойской и Оронгойской котловин Селенгинской Даурии (Банзаракцаева и др., 1999; Дамбаев, Намсараев, 2002; Сыренжапова, 2004 и др.). В научной литературе сведений о зоопланктоне озер Тажеранской группы и Селенгинской Даурии чрезвычайно мало и сведения крайне отрывочны (Власов и др., 1962; Антипова, Васильева, 1965).

Усиливающаяся хозяйственная деятельность и рекреационное освоение степных участков Предбайкалья и Селенгинской Даурии создают реальную угрозу для расположенных здесь уникальных водоемов. В связи с этим, выявление трофического статуса озер позволяет зарегистрировать ранние стадии процесса эвтрофирования, а также определить ответные реакции на антропогенные воздействия. При этом показатели структуры и функционирования зоопланктона можно использовать в диагностике состояния водных экосистем, а также для разработки эффективных мероприятий по их охране и мониторингу.

Цель и задачи исследования. Цель работы – выявление видового состава, структуры и продуктивности зоопланктона степных бессточных озер Байкальской Сибири, особенностей его функционирования в зависимости от экологических факторов.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

1. Охарактеризовать гидрологические и гидрохимические условия среды и их влияние на место обитания зоопланктонного сообщества.
2. Определить видовой состав, особенности экологии редких видов и структурные характеристики коловраток и низших ракообразных.
3. Провести сравнительный анализ таксономического состава зоопланктона озер Предбайкалья и Селенгинской Даурии.
4. Изучить сезонную и межгодовую динамику продуктивности фауны планктона и оценить трофический статус водоемов.
5. Определить экологические факторы, влияющие на распространение зоопланктеров.

Основные положения, выдвигаемые на защиту:

1. Значение суммы главных ионов в воде является главным фактором, определяющим видовое разнообразие зоопланктона.

2. Виды с широкой экологической валентностью (виды-убиквисты) определяют таксономический состав, качественные и количественные характеристики в пресных и солоноватых водоемах. В соленых водоемах – виды – галлофилы.

3. Местоположение и время существования водоема, степень его географической изоляции не являются главными факторами для распространения видов в озерах Предбайкалья и Селенгинской Даурии.

Научная новизна. До настоящего времени комплексных исследований бессточных степных озер Байкальской Сибири не проводилось. Впервые для 22 пресных, солоноватых и соленых озер Предбайкалья и 5 содово – соленых водоемов Селенгинской Даурии приводится полный видовой список зоопланктона, включающий 79 и 19 видов, соответственно.

Обнаружено 13 новых видов ракообразных и коловраток для водоемов Восточной Сибири: ракообразные – *Arctodiaptomus wierzejskii*, *Daphnia similis*, *Moina mongolica*, *Oxyurella tenuicaudis*, *Eucyclops dumonti*, и коловраток *Rhinoglena frontalis*, *Pleurothrocha petromyzon*, *Lophocharis oxysternon*, *Lecane quadridentata*, *Keratella valga*, *Brachionus variabilis*, *Hexarthra fennica*, *Filinia passa*.

Впервые установлены количественные показатели зоопланктона, определены структурообразующие виды, установлен трофический статус водоемов.

Практическая значимость. Результаты проведенных гидробиологических и гидрохимических изысканий могут быть использованы при проведении экологических экспертиз с целью рекреационного и бальнеологического использования степных водоемов. Полученные данные по биомассе и продукции кормового зоопланктона позволяют рассматривать изучаемые озера как водоемы для подращивания молоди рыб. Весьма перспективным видится использование солоноватых водоемов Предбайкалья и Селенгинской Даурии в качестве источника биокормов.

Материалы, представленные в диссертации, могут быть использованы при чтении лекций по дисциплинам «Зоология», «Экология» и «Гидробиология».

Апробация работы. Результаты исследований были доложены и обсуждались на региональной научно – практической конференции, посвященной 15 – летию образования государственного природного заповедника «Байкало – Ленский» (Иркутск, 2001); научно – практической

конференции «Биология внутренних вод. Проблемы экологии и биоразнообразия» (Борок, 2002); 3-ем школе – семинаре молодых ученых России (Улан – Удэ, 2004); Сибирской зоологической конференции посвященной 60 – летию Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск, 2004); международной научной школе-конференции студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий» (Абакан, 2004); международной конференции «Экосистемы Монголии и приграничных территорий соседних стран: природные ресурсы, биоразнообразиие и экологические перспективы» (Улаанбаатар, 2005); Международной научной конференции «Биологическое разнообразие азиатских степей» (Костанай, 2007); V Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы биологической науки и образования в педагогических вузах» (Новосибирск, 2008); международной научной конференции, посвященной 135–летию со дня рождения И.И. Спрыгина «Биоразнообразиие: проблемы и перспективы сохранения» (Пенза, 2008).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, из них 2 в рекомендованных ВАКом изданиях.

Структура и объем работы. Материалы диссертации изложены на ... страницах машинописного текста, состоят из введения, шести глав, выводов и списка литературы. Список цитируемой литературы насчитывает ... работ, из них ... на иностранном языке. Работа содержит ... таблицы и ... рисунка, ... приложения.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность своему руководителю – к.б.н., доценту кафедры биологии Ольге Геронимовне Пеньковой (ВСГАО, г. Иркутск) за всестороннее научное руководство и поддержку. Искреннюю благодарность автор выражает научному консультанту к.б.н., с.н.с. лаборатории биологии водных беспозвоночных ЛИН СО РАН г. Иркутска Наталье Георгиевне Шевелевой за неоценимую помощь в определении гидробионтов и подготовке в оформлении диссертации.

Работы проводились частично на средства гранта Федеральной Целевой Программы «Интеграция» грант № E0015+E0016 «Животный мир минеральных озер степных участков западного побережья Байкала» и внутреннего гранта ИГПУ «Животный мир минеральных водоемов Прибайкалья и Забайкалья».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. Изученность минеральных водоемов Центральной Азии

В главе приведены сведения о распространении минеральных водоемов на различных континентах и степени их изученности. Особое внимание уделено

характеристике соленых озер Центральной Азии: Алтай, Хакассия, Восточная Сибирь и Монголия.

ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования

Работа базируется на материалах, собранных в период с 1999 по 2006 гг. на 22 водоемах Тажеранской степи и с 2002 по 2003 г. на пяти озерах Селенгинской Даурии. Всего за период исследований было отобрано и обработано 502 сетных пробы зоопланктона, из них 80% при непосредственном участии автора. Для выяснения сезонной динамики и расчета продукции зоопланктона на модельных водоемах отбор проб производился каждые две недели с июня по сентябрь 2002 – 2003 гг.

Пробы воды для гидрохимического анализа водоемов Предбайкалья были взяты при разных условиях водности (июнь, август, октябрь и март).

Сбор зоопланктона осуществляли сетью Джели с диаметром входного отверстия 25 см и конусом из мельничного газа № 55. Собранный материал фиксировали 4 % раствором формалина. Одновременно со сбором проб измеряли прозрачность воды диском Секки, температуру и значения рН, а также снимали показания общей минерализации воды кондуктометром (г/л) (Hanna-Hi-9060). Географические координаты исследуемых объектов устанавливались при помощи GPS навигатора.

Определение организмов проводилось по возможности до вида (Кутикова, 1980; Боруцкий, Степанова, Кос, 1991; Определитель ..., 1995; Смирнов и др., 2007; Voxshall, Halsey 2004; Segers, 1995; Kieffer, Fryer, 1978; Smirnov, 1996; Dussarst & Defaye, 1985; Einsle, 1996; Orlova – Bienkowskaja, 2001). Массу тела ракообразных и коловраток рассчитывали по уравнениям связи длины тела и сырой массы (Балушкина, Винберг, 1979; Ruttner-Kolicko, 1977).

Уровень трофности водоема определялся по индексу E (Мяэметс, 1979): $E = K(x + 1)/(A + v)(y + 1)$, где K – число видов Rotatoria, A – число видов Copepoda, v – число видов Cladocera, x – число мезоэвтрофных видов, y – число олигомезоэвтрофных видов. Для выделения структурообразующих видов использовалась функция рангового распределения относительного обилия видов (Федоров, 1970; Андроникова, 1996): $R_i = n_i / N$, где n_i – численность вида в сообществе, N – суммарная численность (Федоров, 1970). Для оценки видового разнообразия применяли информационный индекс видового разнообразия по численности (1) (Shannon, Weaver, 1963) и по биомассе (2) (Гиляров, 1969):

$$H_{бит} = - E * N_i/N * \log_2 * N_i/N \quad (1)$$

$$N_{\text{бит}} = - E \times V_i / V * \log_2 * V_i / V \quad (2)$$

Расчет продукции доминирующих видов проводили физиологическим методом (Иванова, 1985; Алимов, 1989) по скорости траты кислорода на обмен для ракообразных, учитывая способ питания планктонных животных (Монаков, 1998): $P = R_t K_2 / (1 - K_2)$, где P – продукция, кал/м³ в сутки; R_t – траты на обмен при температуре $t^{\circ}\text{C}$, кал/м³ в сутки; K_2 – коэффициент используемой ассимилированной энергии пищи на образование продукции. Значение последнего для коловраток равно 0,4 – 0,5; для ветвистоусых рачков – 0,3 – 0,4, а для веслоногих в зависимости от периодичности развития – 0,1 – 0,3 (Руководство ..., 1968). Энергетический эквивалент массы был принят равным – 0,5 кал/мг сырого веса.

При исследованиях применялись микроскоп МБИ-3 и бинокляр МБС-10. Фотографирование организмов для последующей зарисовки проводили при помощи электронных микроскопов Axiovert – 200 и Axiovert plus на базе ЛИН СО РАН (г. Иркутск).

Статистическая обработка данных проведена с помощью пакетов программ Statistica 6.0, Excel 7.0 и PAST для Windows (Hammer, Harper, Ryan, 2001). Сравнение выборок произведено методом кластерного анализа по коэффициенту Сьеренсу при уровне значимости 0,89. Проведен корреляционный анализ распределения зоопланктона в зависимости от солености, учитывали коэффициенты корреляции при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Электронная обработка данных, корректировка фотографий, проводилась при помощи персонального компьютера с использованием программ Microsoft Excel, Microsoft Word, Photo shop.

ГЛАВА 3. Физико – географическая характеристика районов исследования

В ботанико – географическом районировании территория Иркутской, Читинской областей и Республики Бурятия, зачастую выделяется как Байкальская Сибирь (Горшенин, 1948; Пешкова, 1972). Территория известна как район многочисленных минеральных водоемов, распространение, которых весьма не равномерное (рис. 1).

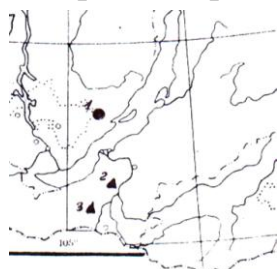


Рис. 1. Карта - схема расположения исследуемых бессточных степных озер Байкальской Сибири: 1 – озера Тажеранской группы; 2 – водоемы Боргойской котловины; 3 – озера Оронгойской котловины.

В целом можно выделить несколько факторов формирования соленых и солоноватых озер на территории Байкальской Сибири:

- ландшафтно-климатические особенности региона: среднегодовая температура и ее динамика, устойчивость снежного покрова, солнечная радиация, количество выпадающих осадков;

- физико – географические условия: высота над уровнем моря, тип рельефа, тип почвы;

- характер и тип растительности;

- геологическая история: формирование различных структурных типов разломов: линейные грабены и оперяющие разломы простираются, по которым формируются хорошо выраженные долины.

ГЛАВА 4. Гидрохимическая типизация озер

В зависимости от минерализации (г/л) озера подразделяются на четыре типа (Алекин, 1954; 1970): 1) пресные (0,2 – 1 г/л); 2) солоноватые (1 – 7 г/л); 3) соленые (7 – 45 г/л); 4) рассолы (> 45 г/л).

Пробы воды для гидрохимического анализа водоемов Предбайкалья были взяты при разных условиях водности (июнь, август, октябрь и март) и в них определены концентрации главных ионов солевого состава (табл. 1). Кислотность воды в озерах изменялась от 8,0 до 9,3. Установлено, что большинство из исследованных водоемов можно характеризовать как солоноватые: сумма концентраций главных ионов в воде этих озер менялась от 1 до 11,7 г/л. По составу воды озера 1, 2, 3, 19, 20, 22 – пресные водоемы, относящиеся к гидрокарбонатному классу. Соотношения катионов в озерах варьируют весьма широко и соответствуют Na–Mg, Ca–Mg, Ca–Mg–Na составам. В солоноватых озерах преобладающими анионами являются HCO_3^- и SO_4^{2-} , а катионами Na^+ , Mg^{2+} . Для некоторых из них (5, 9, 10, 15) характерна высокая доля сульфатной составляющей.

Соленых озер с концентрацией солей > 7 г/л отмечено два (№ 6 и № 17) (табл. 1). Преобладающими катионами являются Na^+ и Mg^{2+} , претерпевающие незначительные сезонные изменения. При этом наблюдается резкое увеличение анионов SO_4^{2-} и Cl^- . Отметим, что максимальная минерализация воды за период исследований наблюдалась в озере № 6 – 23,8 г/л (табл. 1). Именно воды этого озера содержат наибольшее количество Cl^- . Водоем № 6, по данным других авторов, является своеобразным эпицентром концентрации

хлора (Власов и др., 1961; Склярова, Скляров, Федоровский, 2002; Склярова, 2004). В марте 2002 года (наши данные) в подледный период вода в озере была окрашена в ярко-красный цвет, возможно из-за массового развития неизвестных бактерий.

Таблица 1

Динамика величины суммы главных ионов (г/л) в воде степных озер
Предбайкалья по сезонам

№ озера	Название озер	2001 г.			2002г.	Тип озера
		июнь	июль	октябрь	март	
1	Хальское 1	0,79	0,61	1,56	-	1
2	Хальское 2	2,06	1,02	0,83	-	1
3	Хальское 3	1,13	1,36	0,41	-	1
4	Намиш - Нур	2,46	2,21	1,87	1,97	2
5	Хату-Нур	4,88	4,44	3,36	-	2
6	Цаган-Тырм	7,48	9,01	9,82	23,80	3
7	Холбо-Нур	2,96	-	-	-	2
8	-	2,12	-	-	-	2
9	Зурбат-Нур	3,10	3,67	-	-	2
10	Хулахта	3,96	4,88	4,49	6,63	2
11	Бур-Нур	2,52	2,36	2,10	-	2
12	Инегдэ	1,12	-	-	-	1
13	Хара-Нур	2,46	1,04	0,81	-	2
14	Нуху-Нур	0,87	-	-	-	1
15	-	3,65	3,13	2,85	-	2
16	Безымянное	0,98	-	-	-	1
17	Саган-Терем	7,44	6,69	5,56	11,7	3
18	Шара-Нур	1,37	1,85	1,87	-	2
19	Чернорудское 1	0,73	-	-	-	1
20	Чернорудское 2	0,74	0,78	0,86	0,88	1
21	Ольхонское 1	-	-	0,95	-	1
22	Ольхонское 2	-	-	0,29	-	1

Примечание. Тип озер: 1 – пресные; 2 – солоноватые; 3 – соленые; «-» отсутствие данных.

Пробы воды для определения концентрации основных ионов в водоемах Селенгинской Даурии отбирались в 2002 и 2003 гг. При сходных климатических условиях – в летнее время (июнь).

Таблица 2

Динамика величины суммы главных ионов (г/л) в воде
минеральных озер Селенгинской Даурии

№ озера	Названия озер	2002г.	2004г.	Тип озера
		июнь	июнь	

1	Нижнее Белое	7,9	8,1	3
2	Верхнее Белое	5	4,5	2
3	Селенгинское	2,6	3,1	2
4	Оронгойское	4	5,3	2
5	Белые Ключи	2	3,5	2

Примечание. Тип озер: 1 – пресные, 2 – солоноватые, 3 – соленые.

Все исследуемые водоемы разделяются на два типа: солоноватые и соленые, по химическому составу гидрокарбонатного типа (табл. 2). Значение рН в воде в период исследований колебалась от 8,7 до 10,1. Водно – солевое питание водоемы получают за счет родников (№ 1 – 2), а также с атмосферными осадками, вымывающие соли из почв.

На исследуемых территориях часто фиксируется явление полного пересыхания на длительный период того или иного озера, или наоборот, возникновение не существовавшего ранее. Накапливание солей в процессе криогенеза существенное, но является временным явлением. Тем не менее, такое сезонное концентрирование приводит к осаждению определенных солей, что нередко меняет компонентный состав вод.

ГЛАВА 5. Зоопланктон степных бессточных озер Байкальской Сибири

5.1. Таксономическое разнообразие зоопланктона Тажеранских озер и Селенгинской Даурии

В составе зоопланктона Тажеранских озер за исследуемый период выявлено 79 видов, относящихся к 2 типам, 1 надклассу, 2 классам, 2 подклассам, 3 надотрядам, 8 отрядам, 21 семейству и 2 подсемействам и 40 родам. Среди них 46 видов коловраток, 19 ветвистоусых, 14 веслоногих рачков

Впервые для водоемов Восточной Сибири и Предбайкалья выявлены следующие ракообразные: *D. similis*, *M. mongolica*, *O. tenuicaudis*, *E. dumonti*, *A. wierzejskii* и коловратки *R. frontalis*, *P. petromyzon*, *L. oxysternon*, *L. quadridentata*, *K. valga*, *B. variabilis*, *H. fennica*, *F. passa*.

Характерной чертой солоноватых и соленых озер Предбайкалья является относительно невысокое разнообразие (от 7 до 20) видов зоопланктона. В каждом из озер хорошо выражена монодоминантность.

В составе зоопланктона минеральных озер Селенгинской Даурии выявлено 19 видов, относящихся к 2 типам, 1 надклассу, 3 классам, 3 надотрядам, 6 отрядам, 10 семействам и 16 родам. Из них 6 видов коловраток, один представитель жаброногих; 6 – ветвистоусых, 9 – веслоногих рачков.

Для изучаемых озер Селенгинской Даурии также характерно небольшое число видов – доминантов (от 3 до 5). Это связано с тем, что озера характеризуются высокими значениями кислотности (10,1) и солености (8,1 г/л).

Взяв за основу видовое разнообразие зоопланктона 22 озер Тажеранской степи с помощью кластерного анализа были построены дендрограммы по Сьеренсу (коэффициент корреляции 0,89). Тажеранские озера здесь четко сформированы на четыре кластера (рис. 2 а).

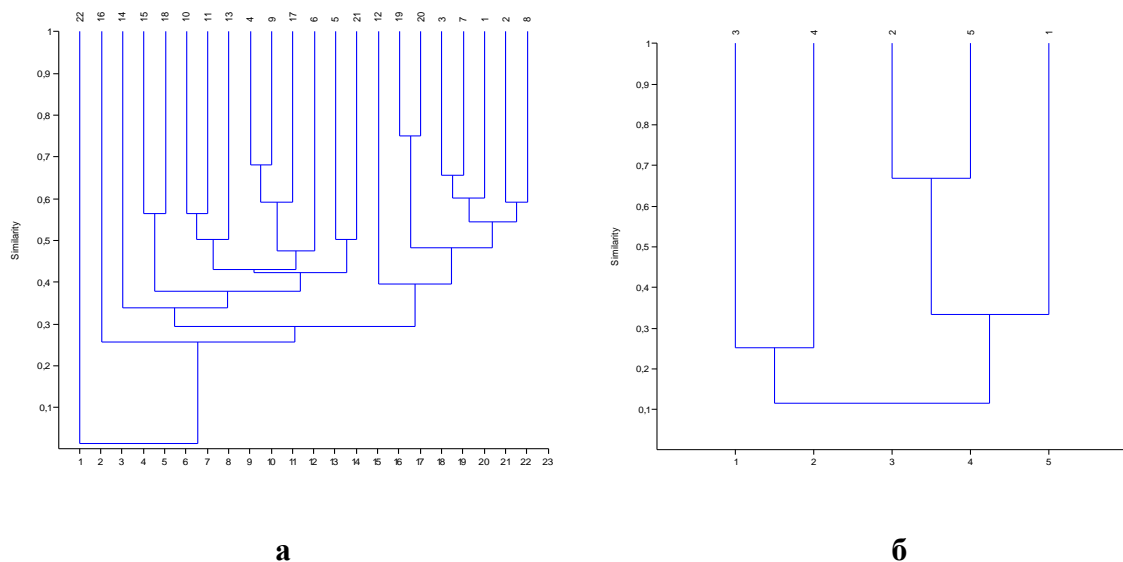


Рис. 2. Дендрограмма зависимости видового состава зоопланктона и солености в водоемах: а) Тажеранской группы; б) Селенгинской Даурии.

Примечания. По оси у – коэффициент корреляции; по оси х – номера озер.

К первой группе относятся пресные и солоноватые водоемы: № 1 – 3, 7, 8, 13, 19, 20. Величина их минерализации колеблется от 0,88 до 3,67 г/л. Связующими видами для этих водоемов являются коловратки *Filinia longiseta*, *Lecane bulla*, *Lecane luna*, *Lecane lunaris*, *L. quadridentata*, *Mytilina mucronata*, *Brachionus calyciflorus*, *Brachionus plicatilis longicornis*, *Brachionus rubens*, *Brachionus urceus*, *Alona rectangulara*. Ветвистоусые *Daphnia longispina*, *Daphnia pulex*, *Alonella excisa* и веслоногие *A. wierzejskii*, *Microcyclops varicans*. Это виды, предпочитающие пресные и солоноватые воды.

Вторая группа озер включает 11 водоемов: № 4 – 6, № 9 – 11, № 14 – 15, № 17-18, № 21. Это пресные, солоноватые и соленые водоемы. К пресным относятся № 21 и № 14. Значения их минерализации изменяются от 0,87 до 0,95 г/л. К солоноватым относятся озера № 4 – 5, № 10 – 11, № 15, № 18. Сумма главных ионов в воде этих озер варьировала от 1,37 до 4,88 г/л. Водоемы № 6 и № 17 по типологии вод относятся к соленым. Их минерализация изменялась от 5,56 до 23,80 г/л.

Общими видами зоопланктеров для этой группы водоемов коловратки *F. longiseta*, *H. fennica*, *Hexarthra mira*, *R. frontalis*, *Euchlanis deflexa*, *Keratella quadrata*, *K. valga*, *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchna silvestris*, *Simocephalus vetulus*, ветвистоусые *Daphnia magna*, *A. rectangula*, веслоногие *Acanthodiptomus denticornis*, *A. bacillifer*, *Arctodiptomus salinus*, *Eucyclops arcanus*.

Третья группа включает оз. Безымянное, величина его минерализации 0,98 г/л. Для этого водоема характерны следующие виды зоопланктона: *F. longiseta*, *H. mira*, *L. luna*, *L. lunaris*, *L. quadridentata*, *K. quadrata*, *K. valga*, *B. variabilis*, *S. vetulus*, *D. magna*, *Daphnia turbinata*, *A. rectangula*, *E. arcanus*.

Четвертая группа – озерко Ольхонское 2, последнее расположено на о. Ольхон. Значения его минерализации достигает пресных величин 0,25 г/л. Это пересыхающий водоем. Его особенность заключается в том, что только здесь обнаружены два вида ракообразных: *D. similis* и *A. wierzejskii*, третий вид представитель жаброногих, к сожалению, нам не удалось определить до вида, т.к. были зарегистрированы только женские особи.

Солоноватые и соленые Тажеранские озера, в целом, обладают пониженной минерализацией, в свою очередь, сумма главных ионов пресных озер этой группы близка к пороговой - 1 г/л. В связи с этим, не удается выделить в зоопланктоне типичных видов – галлофилов.

В результате кластерного анализа по Сьеренсу (коэффициент корреляции 0,89) видового разнообразия зоопланктона содово – соленых озер Селенгинской Даурии выявлено три группы озер (рис. 2 б).

К первой группе относится оз. № 1, которое является соленым, гидрокарбонатным. Значение солености 7,9 – 8,1 г/л. Состав сообщества зоопланктона представлен, как указывалось выше, ракообразными, только здесь присутствует *Hemidiaptomus ignatovi*, *Moina brachiata*.

Вторая группа – это оз. № 2 и № 5, по концентрации суммы главных ионов они относятся к солоноватым. Преобладающим анионом в которых, является гидрокарбонат, значения их минерализации изменяются в пределах от 3,5 до 5 г/л (табл. 2).

Общими для этих водоемов являются такие виды: *M. mongolica*, *Artemia* sp., *Metadiaptomus asiaticus*.

Третья группа озер: № 3 и № 4. Это солоноватые водоемы, значения их минерализации 3,1 – 5,3 г/л (табл. 2). Преобладающими анионами являются сульфат и хлорид. При наличии коловраток и большого числа ракообразных, только в этих озерах зафиксирован *Cyclops vicinus*.

Фауна планктона водоемов Тажеранской степи, Боргойской и Оронгойской котловин представлена в основном эвригалинными видами с широким географическим ареалом. Также замечен различный видовой состав зоопланктона даже в рядом располагающихся водоемах. Таким образом, распределение состава зоопланктона зависит от местоположения, гидрохимического типа и гидрологического режима водоема, а не от степени его изоляции.

5.2. Сравнительная характеристика и особенности распространения зоопланктона исследуемых озер

Зоопланктерами - общими для Тажеранской группы и Селенгинской Даурии - являются коловратки *F. longiseta*, *E. dilatata*, *B. pl. longicornis*, *B. urceus*, *K. quadrata*, *K. valga*, и ракообразные *D. magna*, *Alona* sp., *M. mongolica*, *A. denticornis*, *Arctodiaptomus bacillifer*.

Во всех изучаемых озерах отмечается закономерность в уменьшении числа видов при увеличении солености в них. Снижение видового разнообразия зоопланктона при повышении концентрации солей отмечено многими авторами (Иванова, 1990; Geddes et al., 1981; Williams, 1981 и др.).

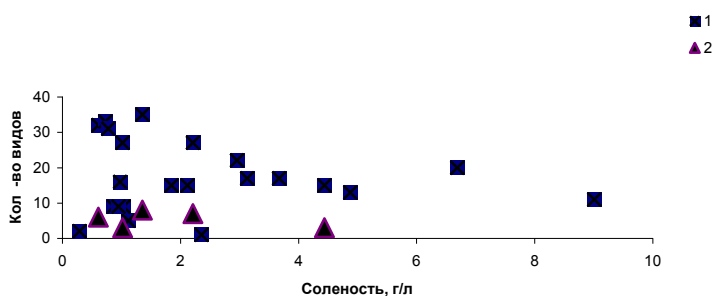


Рис. 3 Количество видов коловраток и ракообразных в озерах Байкальской Сибири с разной соленостью вод: 1 – в озерах Тажеранских степей; 2 – в озерах Селенгинской Даурии.

На рисунке 3 отображено снижение разнообразия состава зоопланктона с повышением солености воды. В группе Хальских озер Предбайкалья состав зоопланктона изменялся от 27 до 32 видов. Значения солености при этом варьируют от 0,61 до 1,36 г/л. Лишь в водоеме № 6 (Предбайкалье) с соленостью 9,01 г/л численный состав зоопланктона достигает 11 видов.

В водоемах Селенгинской Даурии наблюдается такая же тенденция. С увеличением солености воды уменьшается число видов зоопланктона. В оз. Нижнее Белое при солености 8,1 г/л в состав зоопланктона входит 3 вида.

Наиболее толерантными по отношению к солености в Предбайкалье являются планктонные виды *F. longiseta*, *H. mira*, *B. urceus*, *K. quadrata*, *B. pl. longicornis*, *Chydorus sphaericus*, *Alona* sp., *A. bacillifer*, *E. arcanus*. В Забайкалье – *K. quadrata*.

В интервале солености воды от 1 г/л до 7 г/л общее количество видов снижается с 59 до 24. Максимальная видовая изменчивость в градиенте солености характерна для коловраток, число видов которых колеблется от 33 до 13. В этом же диапазоне солености по видовой изменчивости близки к ним и ветвистоусые рачки.

Известно, что для соленых озер характерны большие межгодовые колебания уровня воды и связанные с этим колебания компонентов основного ионного состава, которые прямо или косвенно влияют на уровень и темпы развития зоопланктона.

5.3. Структура доминантного комплекса зоопланктона, его сезонная и межгодовая динамика

Среди многочисленных озер Тажеранской степи были выделены четыре модельных водоема: Намиш – Нур, Зурбат – Нур, Саган – Терем и Шара – Нур. Выбор этих озер обоснован различной степенью их минерализации, гидрохимического состава и местом расположения (оз. Шара – Нур, например, расположено на о. Ольхон). Для всех выше перечисленных водоемов были рассчитаны межсезонные и межгодовые показатели структурообразующего комплекса.

Структурообразующий комплекс Тажеранских солоноватых и соленых озер составляют как галлофилы *A. salinus*, *D. magna*, *M. mongolica*, так и эвригалинные виды *A. denticornis*, *K. quadrata*, *K. valga*, *R. frontalis*, *B. urceus*, *S. vetulus*, *F. longiseta*, *B. qudridentatus brevispinus*.

В оз. Намиш-Нур основу биомассы зоопланктона определяют ракообразные *A. salinus* (70 %) и *D. magna* (10 %). При относительно большой численности коловраток (60 %) биомасса и продукция создаваемая ими были не велики (3 – 17 %). В оз. Зурбат-Нур по численности и биомассе ведущее место с июня по сентябрь занимает веслоногий рачок *A. salinus* (72 % и 85 %). Относительная доля в общей численности зоопланктона в период открытой воды ветвистоусого рачка *D. magna* варьирует от 7 до 19 %. Из веслоногих по численности в оз. Саган-Терем доминирует галлофил *A. salinus*. Так, в 2002 г. от общей численности всего зоопланктона 50 % приходилось на этого рачка, а в 2003 г. только не более 20 %. Численность *D. magna* напротив в 2003 г. была немногим выше, чем в предыдущий год (28 и 32 %, соответственно). Основу

численности и биомассы зоопланктона в оз. Шара-Нур создавал *A. denticornis*, особенно велики его значения были в июле (60 %).

Количественные оценки таксономической структуры сообществ озер приведены в таблице 3. По показателям численности и биомассы зоопланктона (Китаев, 2007), а также рассчитанного коэффициента трофии (E) озера относятся к мезотрофному типу (табл. 3). Однако, полученные нами величины N_{clad}/N_{cop} , B_{cyc}/B_{cal} значительно ниже, чем указанные для озер этого трофического уровня (Андроникова, 1996). В озерах Саган – Терем и Шара – Нур по численности преобладают коловратки (74 и 93 % соответственно), а по биомассе ветвистоусые (67% и 85 % соответственно).

Сезонная динамика интегральных показателей оз. Намиш – Нур выражается одновершинной кривой; оз. Зурбат – Нур – двувершинной кривой, с одним максимумом; оз. Саган – Терем – многовершинной кривой; оз. Шара – Нур одновершинной кривой.

Вследствие этого, озера Саган-Терем и Шара-Нур можно характеризовать как мезотрофные с чертами эвтрофии, оз. Зурбат – Нур и Намиш – Нур – как мезотрофные.

Таблица 3

Структурные и интегральные и показатели зоопланктона Тажеранских озер (июнь – октябрь)

Показатель	Озера			
	Намиш-Нур	Зурбат-Нур	Саган-Терем	Шара-Нур
Rot.:Clad.:Cop.(%N _{общ})	31:1:68	12,5:0,5:87	73:18:9	93:3:4
Rot.:Clad.:Cop.(%B _{общ})	1:6:93	12:6:82	2:79:19	5:85:10
N_{clad}/N_{cop}	0,02	0,05	1,5	0,03
B_{cyc}/B_{cal}	0,002	0,002	0,003	0,05
B_{crus}/B_{rot}	150,0	352,0	37,7	18,7
E	6,1	3,4	3,1	3,5
Число видов	21	25	20	22
H_v	3,0	3,81	3,35	2,74
N (тыс. экз/м ³)	54,04	31,8	74,0	127
B (мг/м ³)	1700,0	1140,0	2080,0	1320,0

На основе данных межгодовой динамики количественных показателей зоопланктона можно сказать, что максимальные значения достигались в оз. Намиш – Нур в 2002 г., напротив, в оз. Зурбат – Нур в 2003 г. В соленом оз. Саган – Терем в 2003 г., за счет доминирования каланид. В оз. Шара – Нур интегральные показатели в 2001 г. и 2003 г. были относительно равнозначны.

Зависимость общей численности зоопланктона от минерализации модельных водоемов Тажеранской степи описывается уравнением $y = -1,9935x$

48, 478 ($r = 0,42$; $P < 0,05$) (рис. 4 а). Наибольшее значение численности зоопланктона зафиксировано в озерах с наименьшей минерализацией.

Данные сообщества зоопланктона характеризуются небольшим числом доминирующих видов, как правило, их менее 10. Отмечаются низкие показатели индекса информационного разнообразия – $H_{бит}$ от 0,1 до 3,0. Бедность видового состава планктона озер обуславливается гидрохимическим составом вод: чем выше концентрация солей, тем ниже разнообразие зоопланктона.

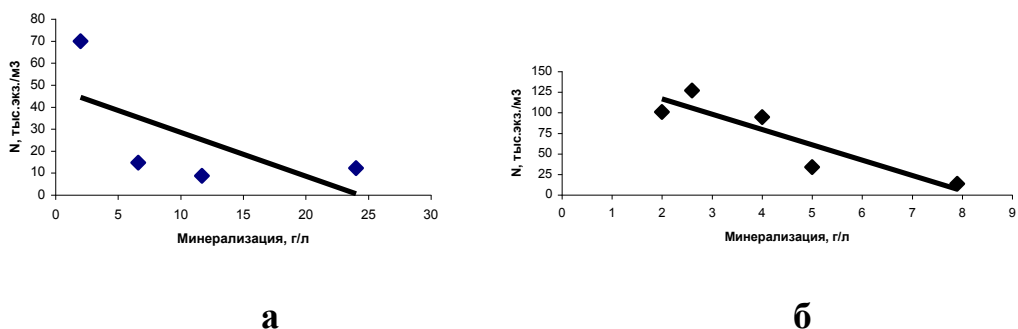


Рис. 4. Зависимость общей численности зоопланктона от минерализации: а) в модельных водоемах Тажеранской степи; б) Селенгинской Даурии.

Структурообразующий комплекс содовых озер Селенгинской Даурии складывается в основном из видов-галлофилов *M. mongolica*, *M. asiaticus*, *Artemia* sp., *D. magna*.

Доминирующим видом по биомассе в оз. Нижнее Белое является *A. bacillifer*, а по численности *M. brachiata*, 28 и 16 %, соответственно. Преобладающим видом по биомассе в оз. Верхнее Белое является *Artemia* sp., а по численности *M. mongolica* (44% и 55%).

Количественные оценки показателей изучаемых водоемов показаны в таблице 4. По количественным показателям зоопланктона, а также рассчитанного коэффициента трофии (E) озера относятся к мезотрофному типу с чертами эвтрофии.

В связи с нерегулярными наблюдениями не удалось проследить межсезонную динамику интегральных показателей зоопланктона озер Селенгинской Даурии.

Таблица 4

Структурные и интегральные и показатели зоопланктона озер Селенгинской Даурии (июнь – июль)

Показатель	Озера				
	Нижнее Белое	Верхнее Белое	Селенгинское	Оронгойское	Белые ключи

Rot.:Clad.:Cop.(%N _{общ})	0:35:65	0:29:71	18:25:57	13:32:55	0:32:68
Rot.:Clad.:Cop.(%B _{общ})	0:27:73	0:18:82	8:18:74	5:28:67	0:27:73
N _{clad} /N _{cop}	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3
B _{cycl} /B _{cal}	0	0	0,2	0	0
B _{crus} /B _{rot}	0	0	8,0	5,0	0
E	4	5	1,6	1,5	5
Число видов	5	3	8	8	4
H _v	2,8	3,2	2,3	2,3	2,3
N (тыс. экз/м ³)	112,5	78,5	143,0	13,0	143,0
B (мг/м ³)	1720,0	1530,0	1230,0	24,0	1230,0

Для изучаемых водоемов Селенгинской Даурии были также рассчитаны зависимость общей численности зоопланктона от минерализации, которая описывается уравнением $y = - 18,616x + 154, 05$ ($r = 0,81$; $P < 0,05$). Наибольшее значение общей численности зоопланктона, наблюдается в озерах с наименьшей минерализацией (рис. 4 б).

Это можно объяснить тем, что в водоемах с наименьшей минерализацией больше таксономическое разнообразие видов.

На основе корреляционного анализа выявилась зависимость между соленостью водоемов и как общей численностью зоопланктона, так и численностью отдельных систематических групп. Для общей численности $r = 0,011$, численность коловраток $r = 0,035$; ветвистоусых $0,049$; веслоногих $r = 0,015$.

5.4. Продуктивность зоопланктона минеральных озер, их трофический статус

Наибольшие значения продукции всего сообщества зоопланктона и его мирного звена отмечены в озерах Намиш – Нур и Саган – Терем (табл. 5). В первом озере за счет доминирования в планктоне ракообразных *A. salinus*, во втором за счет абсолютного преобладания *D. magna*. Максимальные значения (биомасса, продукция и рацион) хищного планктона также зафиксированы в оз. Намиш – Нур. В озере Саган – Терем при максимальной концентрации главных ионов в воде продукционные значения хищного звена зоопланктона наоборот минимальные.

Таблица 5

Функциональные и структурные показатели зоопланктона (кал/м³) солоноватых озер Предбайкалья

Показатели	Озера			
	Намиш-Нур	Зурбат-Нур	Саган-Терем	Шара-Нур
1	2	3	4	5
B ₂	1915,0	324,5	1628,0	702,3
P ₂	28449,0	6380,7	26926,0	12159,6
B ₃	16,0	11,0	11,0	8,0

P ₃	176,0	100,0	87,0	102,0
P ₂ /B ₂	14,9	19,6	16,5	17,3
P ₃ /B ₃	11,0	9,0	7,9	12,7
B ₃ /B ₂ , %	0,8	3,4	0,7	1,14
C3	1100,0	625,0	514,0	637,5
P _z	27525,0	5855,7	26499,0	11624,1
E	6,1	3,4	3,1	3,5
H	1,10	2,08	1,16	6,88

Таким образом, в исследуемых озерах формируются биотопы с благоприятными трофическими условиями, где преобладают детритные пищевые цепи, а роль хищников не велика.

Полученные нами данные по биомассе и продукции кормового зоопланктона позволяют рассматривать изучаемые озера как возможные для подращивания молоди рыб. Кроме того, известно, что низшие ракообразные содержат значительные количества протеина, жира, аминокислот и витаминов. Поэтому весьма перспективным видится использование солоноватых водоемов Байкальской Сибири в качестве источников биокормов.

ГЛАВА 6. ЭКОЛОГИЯ РЕДКИХ ВИДОВ ЗООПЛАНКТОНА СТЕПНЫХ БЕССТОЧНЫХ ОЗЕР БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

В результате многолетних комплексных исследований степных водоемов были зафиксированы редкие для Восточной Сибири виды ракообразных: *D. similis*, *D. magna*, *A. weirzejskii*, *H. ignatovi*, *M. asiaticus*, *E. arcanus*, *E. dumonti*. В главе рассматриваются особенности экологии видов, их важнейшие определительные характеристики. Отмечены различия в морфологических признаках *H. ignatovi* от описания Степановой Л.А. (2005) из водоемов Забайкалья и Читинской области и горных озер Алтая.

Указываются систематические замечания ракообразных *A. weirzejskii*, *M. asiaticus*, т.к. описания этих видов относятся к 30 г. прошлого столетия. Приводятся оригинальные микрофотографии гидробионтов выполненные на электронных микроскопах Axiovert – 200 и Axiovert plus на базе ЛИН СО РАН (г. Иркутск).

ВЫВОДЫ

1. Среди исследуемых водоемов Байкальской Сибири обнаружены три типа: пресные, солоноватые и соленые. Ведущим механизмом концентрирования солей в воде и изменения компонентного состава вод является эвопарация и криогенез, с учетом аридности климата. На исследуемых территориях часто фиксируется явление полного

- пересыхания на длительный период того или иного озера, или наоборот, возникновение не существовавшего ранее.
2. В сообществе зоопланктона разнотипных озер Тажеранской степи за период исследований было зарегистрировано 79 видов, из них 45 видов коловраток, 20 ветвистоусых, 14 веслоногих. Видовой состав зоопланктона содово-соленых озер Селенгинской Даурии состоит из 19 видов, из них 6 видов коловраток, 7 ветвистоусых и 8 веслоногих рачков.
 3. В результате сравнительного анализа таксономического состава зоопланктона озер Предбайкалья и Селенгинской Даурии выделены общие виды: *F. longiseta*, *E. dilatata*, *B. pl. longicornis*, *B. urceus*, *K. quadrata*, *K. valga*, а из ракообразных *D. magna*, *M. mongolica*, *B. longirostris*, *A. excisa*, *A. denticornis*, *A. bacillifer*. Отличительной особенностью зоопланктона водоемов Селенгинской Даурии являются ракообразные *M. asiaticus*, *H. ignatovi*, *Artemia* sp.
 4. Структурообразующий комплекс Тажеранских солоноватых озер составляют как галлофилы *A. salinus*, *D. magna*, *H. mira*, *B. plicatilis asplanchnoides*, *M. mongolica*, так и эвригаллинные виды *A. denticornis*, *E. arcanus*, *K. quadrata*, *F. longiseta*, *B. angularis*, *B. quadridentatus brevispinus*. Для данных озерных экосистем характерно постепенное нарастание численности и биомассы зоопланктона от весны к лету с максимумом в период высокого прогрева воды и с минимумом зимой.
 5. Структурообразующий комплекс зоопланктона содово-соленых озер Селенгинской Даурии образуют галлофилы: *H. ignatovi*, *D. magna*, *Artemia* sp., *M. brachiata*, *M. mongolica*, *M. asiaticus*, а также эвригаллинные организмы *A. excisa*, *E. dilatata*, *B. pl. longicornis*.
 6. Фауна коловраток и ракообразных озер изученных территорий представлена как галлофилами, так и пресноводными видами с широким географическим ареалом.
 7. По численности и биомассе зоопланктона, а также рассчитанным структурным показателям (E , $N_{\text{clad}}/N_{\text{cop}}$, Hv) изученные водоемы Тажеранской степи в основном относятся к мезоэвтрофному типу, а озера Селенгинской Даурии – эвтрофному с чертами мезотрофии.
 8. С увеличением солености воды в изученных озерах Байкальской Сибири уменьшается общее количество видов зоопланктона в них. Видовой состав зоопланктона может быть различен даже в рядом располагающихся водоемах. Таким образом, видовой состав зоопланктона зависит от гидрохимического типа и гидрологического

режима водоема, а не от степени его изоляции.

**Список работ, опубликованных по теме диссертации в изданиях
рекомендованных ВАК:**

1. Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г., Макаркина Н.В. Тажеранские минеральные озера - уникальные природные объекты Прибайкалья // Изв. Самарск. Науч. центра РАН. Природное наследие России. – 2004. – Ч.3. – С. 366 – 372.
2. Макаркина Н.В., Шевелева Н.Г. Видовой состав и продуктивность зоопланктона Тажеранских солоноватых озер (Прибайкалье) // Вестник ТГУ. – 2008. – №316. – С. 191 – 195.

**Список работ, опубликованных по теме диссертации в других
изданиях:**

1. Шевелева Н.Г., Шабурова Н.И., Аров И.В., Пенькова О.Г., Макаркина Н.В. Разнообразие и структура зоопланктона малых озер Прибайкалья // ООПТ и сохранение биоразнообразия Байкальского региона. Мат-лы региональной науч.-практ. конф., посв. 15-летию образования гос-го природного заповедника «Байкало-Ленский». – Иркутск, 2001. – С. 48 – 62.
2. Шабурова Н.И., Макаркина Н.В., Буянтуев В.А., Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г. Биоразнообразие ракообразных в водоемах юга Восточной Сибири // Биология внутренних вод. Проблемы экологии и биоразнообразия. – Борок, 2002. – С. 107.
3. Кондратьева Г.В., Лопатовская О.Г., Максимова Е.Н., Макаркина Н.В., Рогова М.В. Комплексные исследования биоразнообразия и почвенного покрова Тажеранских озер // Мат-лы докладов 3-ей школы-семинара молодых ученых России. – У – Удэ, 2004. – С. 169 – 171.
4. Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г., Макаркина Н.В., Дулмаа А. Фауна низших ракообразных минеральных озер Центральной Азии // Сибирская зоол. конф. – Новосибирск, 2004. – С. 90 – 91.
5. Макаркина Н.В. *Daphnia magna* Straus, 1820 в минеральных водоемах Прибайкалья // Сибирская зоол. конф. посв. 60-летию Института систематики и экологии животных СО РАН. – Новосибирск, 2004. – С. 54 – 55.
6. Макаркина Н.В. Зоопланктон минеральных озер Южной Сибири // Мат-лы международной науч. шк.-конф. студ. и молодых уч. 24-27 ноября 2004г. «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий». – Абакан, 2004. – С. 136 – 137.
7. Penkova O.G., Sheveleva N.G., Dulmaa A., Makarkina N.V., Krivenkova

I.F. On ecology of rotifers and lower Crustaceans in salt and brackish lakes of Central Asia // Proceedings of international conference Ecosystems of Mongolia and frontier areas of adjacent countries: natural resources, biodiversity and ecological prospects. – Ulaanbaatar, Mongolia, 2005. – P. 302 – 304.

8. Шевелева Н.Г., Макаркина Н.В., Пенькова О.Г. Трофический статус Тажеранских солоноватых озер (Прибайкалье) // Труды гос-го природного заповедника «Байкало-Ленский». – Иркутск, 2006. – Вып. 4. – С. 62 – 69.

9. Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г., Аров И.В., Коровякова И.В., Макаркина Н.В. Гидрофауна Тажеранских степных озер // Труды Прибайк. Нац. Парка.– Иркутск, 2007. – Вып. 2. – С. 86 – 112.

10. Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г., Аров И.В., Макаркина Н.В. Животный мир минеральных степей Прибайкалья // Мат-лы между-ной науч. конф. «Биологическое разнообразие азиатских степей». – Костанай, 2007. – С. 191 – 195.

11. Шевелева Н.Г., Пенькова О.Г., Макаркина Н.В., Шабурова Н.И., Дулмаа А., Кривенкова И.Ф., Собакина И.Г. Редкие виды ракообразных (Cladocera, Calanoida, Cyclopoidea) в водоемах и водотоках восточной Сибири, Дальнего Востока и Монголии // «Биоразнообразие: проблемы перспективы сохранения» Мат-лы Международ. науч. конф., посв. 135-летию со дня рожд. И.И. Спрыгина 13-16 мая 2008г. – Пенза, 2008.– Ч. II. – С. 300 – 302.

12. Макаркина Н.В. Видовое разнообразие зоопланктона содовых озер Забайкалья, их трофический статус // Мат-лы пятой Всеросс. науч.-практ. конф. «Проблемы биологич. Науки и образ. в пед. вузах». – Новосибирск, 2008. – Вып. 5. – С. 57 – 60.

13. Шевелева Н.Г., Макаркина Н.В., Шабурова Н.И. Редкие и слабоизученные виды ракообразных (Eucyclopoidea, Daphnidae) Восточной Сибири и Монголии. Аннотированный список фауны Прибайкалья и Забайкалья. – Иркутск, 2008. – Т.2. – Кн. 1. – С. 890 – 891.

14. Макаркина Н.В. К экологии редких видов зоопланктона бессточных степных озер Байкальской Сибири // Биологические науки Казахстана. – 2008. – № 3. – С. 30 – 37.