

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Колмаков
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2016 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Зоопланктон горных озёр Каровое, Радужное и Светлое природного
парка «Ергаки» (Западный Саян)».

06.04.01. - Биология

06.04.01.00.04. - Гидробиология и ихтиология

Научный руководитель _____ В.Н.С., д.б.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Выпускник _____
подпись, дата

Рецензент _____ зам. нач. ЛМВ, к.б.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Дубовская О.П.
инициалы, фамилия

Храбрых А.М.
инициалы, фамилия

Ануфриева Т.Н.
инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Аннотация

Зоопланктон является одним из наиболее существенных компонентов в трофических сетях и жизнедеятельности водоема в целом. Общеизвестна роль его в процессах самоочищения и использования как индикатора при биологическом анализе качества вод. Чрезвычайную ценность для изучения зоопланктона имеют многолетние ряды наблюдений на водоеме, что позволяет оценить тенденции развития зоопланктонных сообществ в процессе эвтрофирования, вызванного антропогенным воздействием. Отсюда вытекает необходимость изучения таксономического состава зоопланктона, количественного развития не только групп, но и отдельных его видов, структуры, динамики и пространственного распределения.

Проведены исследования сетного зоопланктона озёр Радужное, Каровое и Светлое, расположенных на территории природного парка «Ергаки», в весенне-летний период 2011-2013 годов.

В 2011-13 гг. сетной зоопланктон безрыбных озёр представлен – в оз. Каровом 20 видами, в Светлом - 19; в населенном хариусом озере Радужном обнаружено больше видов зоопланктона – 26. Сходство видового состава безрыбных озёр выше, чем рыбного и безрыбных озер. Основу биомассы зоопланктона безрыбных озер Карового и Светлого составляют крупноразмерные виды *Acanthodaptomus denticornis* (Copepoda: Calanoida) и *Daphnia longispina* (Cladocera), в Светлом еще и *Cyclops scutifer* (Copepoda: Cyclopoida), постоянным компонентом планктона является коловратка *Kellicotia longispina*; в рыбном оз. Радужном доминируют мелкоразмерные Cladocera - *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Alonella excisa*, виды р. *Alona*, а из крупных - *Holopedium gibberum*. Во всех озерах весной (в июне) и летом (в июле и августе) биомасса зоопланктона была больше в пелагиали, чем в литорали, за исключением мелководного и проточного оз. Радужного весной, в пелагиали которого кладоцерный зоопланктон развивается позднее.

Ключевые слова: зоопланктон, видовой состав, численность, биомасса, временная динамика, горные озёра.

Содержание

Введение.....	4
Глава 1 Зоопланктон горных озёр: обзор литературы.....	6
1.1 Характеристика горных озёр и видовой состав зоопланктона этих озёр.....	6
1.2 Уровни биомассы и численности зоопланктона горных озёр, а также трофность и сапробность озёр	18
1.3 Межсезонная динамика зоопланктона горных озёр.....	24
1.4 Характеристики зоопланктона по градиенту высоты озёр.....	26
Глава 2 Материалы и методы исследования.....	32
2.1 Характеристика района исследования.....	32
2.2 Методы сбора и обработки проб.....	39
2.3 Методы анализа материала.....	41
Глава 3 Результаты и обсуждения	42
3.1 Видовой состав зоопланктона исследуемых озёр.....	42
3.2 Пространственно-временная динамика видового состава и количественных показателей зоопланктона.....	48
3.2.1 Анализ пространственно-временной динамики биомассы зоопланктона в исследуемых озёрах.	51
Выводы	61
Список использованных источников.....	63

Введение

Озёра - типичный элемент горных ландшафтов. Среди основных особенностей горных озёр можно назвать небольшой водосбор, низкое содержание биогенных элементов, низкую минерализацию воды и невысокие темпы первичной продукции. Водоёмы служат чувствительными индикаторами атмосферного загрязнения и климатических изменений [Косолапов, 2007].

Одной из характерных черт Восточной Сибири является наличие множества озёр, различающихся по генезису и физико-географическим параметрам. Например, только на территории Забайкалья учтено 40361 озеро с общей площадью водной поверхности 3767 км² (Атлас..., 1967, цит. по [Бондаренко, 2009]); Облик территории Восточной Сибири определяется чередованием хребтов и межгорных понижений, что создает горно-котловинный рельеф, в связи с чем, расположенные здесь озёра относятся к горным. В отличие от горных озёр Европы и Америки, которые, в частности, служат модельными объектами для изучения реликтовых, редких и эндемичных видов растений и животных, аналогичные водные экосистемы Сибири до настоящего времени изучены слабо [Бондаренко, 2009].

Озерные экосистемы за период их естественного существования претерпевают закономерные изменения в сторону увеличения их трофического статуса. В современный период в связи с антропогенной нагрузкой на водоемы происходит не только ускорение этого процесса, но в отдельных случаях проявляются нарушения естественного состояния их среды и биоты. В связи с этим очевидна актуальность исследований лимнических экосистем. Проблема сохранения качества воды и биологических ресурсов водоемов на современном этапе жизни общества приобрела глобальный характер.

Считается, что горные холодноводные озера особенно чувствительны к глобальному потеплению климата в связи с уменьшением альбедо и увеличением теплопоглощения из-за уменьшения снегового и ледового покрытия [Strecker, 2004]. С потеплением вероятно потеря альпийских местообитаний, замена холодолюбивых видов теплолюбивыми, изменение

структуры и функционирования всей экосистемы. Например, эксперименты с зоопланктоном высокогорного альпийского озера подтвердили гипотезу увеличения инвазии в него при потеплении видов зоопланктеров из нижерасположенных водоемов [Holzapfel, 2005]. С точки зрения изучения и прогнозирования влияния глобального потепления на структуру и функционирование экосистем актуальным является определение ведущих видов (доминантов, субдоминантов) биоты озер, изучение ее видового разнообразия. При этом желательно изучение как рыбных, так и безрыбных озер, поскольку видовое разнообразие в первых, как правило, выше, чем во вторых [Gliwicz, 2003].

Горный хребет Ергаки, расположенный в центральной части Западного Саяна (юг Красноярского края), входящий в природный парк «Ергаки», представляет собой биосферный полигон, где соприкасаются интересы наук об экосистемах, рекреационного природопользования, природоохранных проблем. Изученность биологического разнообразия Ергак весьма неравномерна и в целом слаба [Колмаков, 2012].

Цель магистерской работы: изучить сетной зоопланктон озёр Каровое, Радужное и Светлое, расположенных на территории природного парка «Ергаки», в весенне-летний период 2011-2013 годов.

Задачи:

1. Выявить видовой состав зоопланктона озер Каровое, Радужное и Светлое;
2. Определить численность и биомассу отдельных видов и общую сетного зоопланктона;
3. Оценить временную динамику зоопланктона этих озёрах;
4. Определить трофический статус Карового, Радужного и Светлого озёр;
5. Сравнить структуру зоопланктона рыбного и безрыбных озер.

Глава 1. Зоопланктон горных озёр: обзор литературы

Зоопланктон, наряду с фитопланктоном и зообентосом, играет ключевую роль в функционировании гидроценозов. Он является важным звеном в трофических цепях водных экосистем и принимает непосредственное участие в процессах биологической очистки воды, способствуя улучшению ее качества. Естественные и антропогенные сукцессии водоемов сопровождаются изменениями структуры зоопланктонных сообществ: разнообразия, состава и числа доминирующих видов, численности, биомассы, размерно-массового показателя, соотношения таксономических и трофических групп [Крупа, 2010].

1.1 Характеристика горных озёр и видовой состав зоопланктона этих озёр

Число видов планктона в озёрах зависит от таких факторов среды, как морфометрия и минерализация вод. В сообществах зоопланктонных животных по мере возрастания минерализации число видов сначала возрастает, затем достигнув максимума, снижается. Наибольшее число видов в зоопланктоне наблюдалось при минерализации $\sim 0,4$ г/л. По данным М.Б. Ивановой и Т.И. Казанцевой, максимальное количество видов зоопланктона при большом разбросе данных отмечено в озёрах с минерализацией вод $\leq 1-3$ г/л. Животные планктона чувствительны к изменениям минерализации. Сравнение водоёмов, различающихся по минерализации вод, позволило установить, что увеличение минерализации приводит не только к уменьшению количества видов, но и к упрощению структуры сообществ планктонных и донных организмов, что нашло отражение в закономерном уменьшении величин индекса разнообразия. Кроме того, на количество видов зоопланктона влияют ёмкость озера и его площадь [Алимов А. Ф., 2008]. Число видов ракообразных зоопланктона в озере значимо коррелировало с размером озера, средней величиной фотосинтеза и числом озёр в пределах 20 км [Dodson, 1992].

Рассмотрим видовой состав некоторых озёр. Например, Байкало-Ленский заповедник расположен на северо-западном побережье Байкала и занимает южную треть Байкальского хребта, представляющего собой крайнюю северо-

западную гряду Саяно-Байкальской горно-складчатой области. Байкальский хребет разделяет по периметру заповедную территорию на пологий западный макросклон, с прилегающими таежными массивами, и обрывистый восточный, обращенный к Байкалу. Озера заповедника типичны для всех вертикальных поясов и имеют различное происхождение (пойменные, лагунные, термокарстовые и др.). Горные озера расположены на западном и восточном макросклонах Байкальского хребта на высоте 520–1620 м над уровнем моря [Шабурова, 2011].

Озера Саган-Морян и Шартлай расположены на восточном макросклоне Байкальского хребта. Озеро Саган-Морян сильно заболоченное, летом хорошо прогревается (27 °С). Озеро Шартлай — проточный водоем, из-за множества ключей температура воды летом не поднимается выше 12–13 °С. Состав коловраток и низших ракообразных горных озер представлен 131 видом, относящимся к 73 родам, 33 семействам, 12 отрядам и 5 классам. Менее половины видового состава — 48% — приходится на коловраток, ветвистоусые ракообразные составляют 30%, веслоногие — 22%. В оз. Встречное Rotifera и Cladocera имеют равное количество видов (14). В остальных озерах преобладают Cladocera (42–67%). Во всех исследуемых озерах западного макросклона обитает комплекс зоопланктона, обычный для небольших олиготрофных мелководных озер. Здесь обнаружены стенотермные холодолюбивые *Euchlanis alata*, *Notholca acuminata*, *N. labis*, *Cyclops scutifer wigrensis*. Только в озерах западного макросклона обнаружено 8 видов коловраток (*Trichocerca elongata*, *Bipalpus hudsoni*, *Lecane stichaea*, *Euchlanis alata*, *Notholca alabis*, *Mytilina bicarinata*, *Colurella adriatica*, *Rotaria neptunia*) и 6 видов ракообразных (*Latonura rectirostris*, *Picripleuroxus laevis*, *Pleuroxus truncatus*, *Alonella exigua*, *Alona intermedia*, *Diacyclops nanus*) литорально-фитофильного комплекса, а также 3 вида (*Holopedium gibberum*, *Arctodiaptomus bacillifer*, *Cyclops scutifer wigrensis*) планктонных рачков. Горные озера восточного макросклона Байкальского хребта (Саган-Морян и Шартлай) находятся на высоте 520–780 м над уровнем моря. В оз. Шартлай из

обнаруженных 18 видов — 12 *Copepoda*, из которых 3 — эндемики Байкала (*Diacyclops galbinus*, *Bryocamptus incertus*, *Canthocamptus gibba*) и 3 вида — представители типично арктического комплекса (*Canthocamptus glacialis*, *Maraenobiotus insignipes*, *Attheyella nordenskjoldi*). Только в оз. Шартлай отмечено 2 вида планктоно-фитофильных коловраток и 11 бентосных рачков, а в оз. Саган-Морян — 11 видов литорально-фитофильных Rotifera и Cladocera и 2 вида бентосных Copepoda. Из общего списка фауны зоопланктона горных озер 93 вида (71%) встречаются в планктоне оз. Байкала. При этом сходство состава зоопланктона озер западного макросклона с оз. Байкал составляет 80%, восточного макросклона — 69% [Шабурова, 2011].

Озера бассейна Верхней Оби можно разделить на горные, предгорные и равнинные, различающиеся по площади акватории, глубине, солености, наличию зарослей макрофитов, составу и обилию гидробионтов. Для высокогорных озер Горного Алтая характерны непродолжительный период открытой воды, низкие температуры, недостаточное количество биогенов. По гидробиологическим характеристикам эти озера – олиготрофные. Предгорные озера (Колыванское, Белое) мелководны, имеют подземное питание, подвержены ветровому влиянию, характеризуются прогревом воды до дна, невысокой прозрачностью. Озера богаты зарослями. Общая площадь зарослей макрофитов за последние 30 лет почти не изменилась. В составе зоопланктона высокогорных озер обнаружено 53 вида, преобладали Rotatoria (24). В составе зоопланктона предгорных озер (Колыванское и Белое) в 2003 г. обнаружено 40 видов с преобладанием Cladocera (23 вида). В оз. Белом различий в количестве зоопланктона в пелагиали и прибрежной зоне нет, что можно объяснить сильным и частым волнением и отсутствием растительности на большей части озера. В зоопланктоне оз. Ая обнаружено 14 видов с преобладанием Cladocera (8). По численности и биомассе доминирует *Bosmina longirostris* (Muller) [Бурмистрова, 2009].

Для водоемов Казахстана, среди которых имеются горные озёра, установлено 455 видов планктонных беспозвоночных, из которых Rotifera –

244, Cladocera – 136, Cyclopoida – 46, Calanoida – 29. Для фауны впервые описаны *Neodiaptomus schmakeri* (Copepoda, Calanoida), *Mesocyclops ogunnus* (Copepoda, Cyclopoida), для науки – *Gigantodiaptomus sp. nova* (Copepoda, Calanoida). В региональном же отношении наиболее своеобразна фауна водоемов Южного Казахстана. Наряду с северными видами (*Notholca acuminata*, *Filinia terminalis*, *Polyarthra luminosa*, *Daphnia galeata*, *D. longispina*, *Leptodora kindtii*, *Megafenestra aurita*, *Mesocyclops leuckarti*), широкое распространение здесь имеют представители тропической фауны (*Keratella tropica*, *K. cochlearis tecta*, *Brachionus falcatus*, *Diaphanosoma lacustris*, *Daphnia magna*, *Macrothrix spinosa*, *Moina micrura*, *Phyllodiaptomus blanci*, *Thermocyclops taihokuensis*, *T. rylovi*). Характерно значительное разнообразие родов *Brachionus*, *Keratella*, *Thermocyclops*, *Mesocyclops*, *Acanthocyclops* и отряда Calanoida (*Eudiaptomus graciloides*, *Acanthodiaptomus denticornis*, *Phyllodiaptomus blanci*, *Neodiaptomus schmakeri*, *Neurodiaptomus incongruens*, *Sinodiaptomus sarsi*, *Arctodiaptomus salinus*, *A. bacillifer*). В составе зоопланктонных сообществ, а иногда и доминантных комплексов могут одновременно присутствовать несколько видов рода *Thermocyclops* или отряда Calanoida. С продвижением к северу и востоку разнообразие *Thermocyclops* сокращается до четырех (*T. crassus*, *T. rylovi*, *T. oithonoides*, *T. dybowski*), *Mesocyclops* и *Acanthocyclops* – до одного вида в каждом роде (*M. leuckarti*, *A. trajani*). Наряду с широко распространенной *Bosmina longirostris*, появляются северные виды *B. kessleri*, *B. obtusirostris*, а также крупные Calanoida – *Metadiaptomus asiaticus*, *Hemidiaptomus ignatovi*, *Gigantodiaptomus amblyodon*, *Gigantodiaptomus sp.*, *Arctodiaptomus naursumensis* [Крупа, 2010].

Большая часть территории Алтайского края расположена на равнине в юго-восточной части Западной Сибири. С северо-востока ее ограничивают западные отроги Салаирского кряжа, с юга и юго-востока – предгорья Алтайской горной области. По физико-географическому районированию водосборная площадь Алтайского края располагается в девяти провинциях, объединенных в зональные области – степную, лесостепную и две горные

области (Алтайскую и Салаиро-Кузнецко-Алатаусскую). Предгорные озера расположены на абсолютных высотах 400-500 м в северных отрогах Колыванского, Тигирецкого и Чергинского хребтов. В видовом составе зоопланктона предгорных озёр доминируют *Mesocyclops leuckarti* (удельное обилие 58%), *Daphnia cucullata* (21%), *Chydorus sphaericus* (15%) [Леонов].

В июле-августе 1999-2001 гг. проводились исследования 14 высокогорных озёр Кара-Кудюрской, Сарыачинской и Чибитской систем, оз. Джулуколь и водоемов плато Укок. В составе зоопланктона высокогорий Алтая обнаружено 53 вида с преобладанием Rotatoria (24 вида). Отмечено 19 видов Cladocera и 10 – Copepoda. Только в глубоких (18-24 м) высокогорных озерах (Талдуколь, Чейбоколь, Узунколь и Балыктыколь) встречены коловратка *Bipalpus hudsoni* и ветвистоусые ракообразные *Ceriodaphnia affinis*, *Peracantha truncata*, *Polyphemus pediculus*, *Scapholeberis mucronata*, *Sida crystallina*, *Simocephalus mixtus*. Рассмотрим подробнее некоторые озёрные системы. Кара-Кудюрская система озёр в целом представлена 9 озерами, расположенными на высоте 1800 м. над уровнем моря в верховье р. Кара-Кудюр, которая относится к бассейну р. Бии. В вегетационный период 1975-1978 гг. обнаружено 49 видов зоопланктона с доминированием коловраток (22 вида). Исследованные по видовому составу зоопланктона озера различались между собой количеством видов озерного пелагического комплекса, а также фитофильных видов, число которых зависит от распространения в озере макрофитов. Из этих озёр исследовано только оз. Талдуколь (одно из двух средних). В 1975 (июль, август, сентябрь, ноябрь) и 1977 гг. (июль) по данным Н.Н. Осиповой (1984) здесь обнаружено 22 вида зоопланктона (преобладали коловратки – 13 видов). В исследованиях найдено 12 видов с преобладанием Cladocera (10). Вероятно, это связано с отбором проб при максимальном развитии зарослей рдеста (в конце июля), что благоприятно для развития фитофильных ракообразных. Чибитская система озёр представлена 17 водоемами. В зоопланктоне озёр обнаружено 40 видов (преобладают коловратки). Наиболее распространены *Asplanchna priodonta*, *K. longispina*,

Daphnia pulex, *Cyclops abyssorum*. Из 17 озёр этой системы исследовано два средних – Узунколь и Чейбоколь. За период исследований с 1975 по 1984 гг. в оз. Узунколь отмечено 22 вида зоопланктона (10 – Rotatoria, 7 – Cladocera и 5 – Copepoda). В исследованиях 1999-2000 г. обнаружено 16 видов зоопланктона (3 – Rotatoria, 10 – Cladocera и 3 – Copepoda) [Бурмистрова, Ермолаева, 2008].

Безрыбные озёра Улаагчны Хар, Жаахан и Бага находятся на территории Эрдэнэхайрхан сомона Завханского аймака в Западной Монголии, среди знаменитых монгольских песков «БорХар». Водоёмы бессточные и питаются за счёт атмосферных осадков и подземных ключей. Озеро Улаагчны Хар расположено на высоте 1 980 м над у. м. и имеет удлинённую котловину с двумя крупными островами в западной части. Наибольшая глубина 50 м, средняя – 25 м. Вода озёр пресная, гидрокарбонатного класса, кальциевой группы, общая минерализация составляет 542,5 мг/л, рН 9,13. Почти 40 % площади озера покрыто зарослями высшей водной растительности, включающей до 30 видов. Озеро Жаахан находится в непосредственной близости от оз. Улаагчны Хар и, вероятно, соединяется с ним в период высокого стояния вод. Озеро Бага имеет длину 6,2 км, ширину до 2 км. Максимальная глубина 17 м, средняя – 7,4 м. Высокие горы окружают озеро с западной части, южный берег низкий, песчаный. Зоопланктон оз. Улаагчны Хар разнообразен и обилен. В его составе обнаружены 45 видов и подвидов, из них коловраток – 27, ветвистоусых – 10, веслоногих – 8 видов. На долю космополитов и голарктов приходится 17 и 14 видов соответственно, палеарктов – 13. Впервые для Монголии в фауне коловраток зарегистрирована *Synchaeta stylata*. Также необходимо отметить наличие *Pleuroxus annandalei* и *Polyarthra luminosa*, которые являются редкими в озёрах Центральной Азии и в настоящее время указываются только в Хубсугуле. В фауне коловраток в родах *Polyarthra* и *Synchaeta* отмечены редкие для водоёмов Монголии *S. stylata*, *S. oblonga* и *P. luminosa*. Два первых вида обитают в пресных и солоноватых водоёмах. *S. oblonga* указана в озере в Дархатской котловине. В оз. Улаагчны Хаар эти виды круглогодично входят в структурообразующий комплекс, а в подлёдный

период составляют основу численности зоопланктона. В пробах зоопланктона из оз. Улаагчны Хар среди ветвистоусых был обнаружен *P. annandalei*. Этот бентосный рачок известен из небольших озерков севера Монголии и Тибетского плато. В оз. Улаагчны Хар *P. annandalei* обнаружен с июня по сентябрь на глубинах от 0,7 до 14 м. Зоопланктон оз. Жаахан, согласно результатам, относительно беден в видовом отношении, однако богат количественно. В его состав входит 21 вид, из которых 10 – коловратки, 5 – ветвистоусые, 6 – веслоногие. В составе зоопланктона оз. Бага обнаружены только 7 видов, из которых 2 – коловратки и 5 – ракообразные. Как и в других озёрах, большее разнообразие коловраток и ракообразных, отмеченное в предыдущие годы, связано с относительно длительным сроком наблюдений и большим числом проб. Общими для трёх озёр видами являются только *Kellicottia longispina* и *Acanthodiptomus denticornis*. Веслоногие здесь представлены тремя видами, из них 2 – циклопы. В оз. Бага обнаружен бентосный циклоп *Eucyclops dumonti*, описанный ранее из небольшого озера (Bur-Nuur Lake), находящегося в 100 км севернее г. Улан-Батора. Нахождение этого вида циклопа указано и для других водоёмов Монголии. Основу численности зоопланктона в оз. Бага составляли ракообразные, среди которых лидировали *Cyclops scutifer*, *A. denticornis* и *Daphnia turbinata* [Аюушсурэн, 2013].

Озеро Ничатка является одним из крупных озер Байкальской рифтовой зоны и находится в бассейне р. Чары на севере Забайкальского края. Озеро имеет характерную узкую длинную котловину. Видовой состав зоопланктона озера в июле 1990 г. насчитывал 26 таксонов рангом ниже рода: 10 видов коловраток, 11 – ветвистоусых и 5 – веслоногих. Большая часть обитающих здесь видов характерны для высокогорных глубоководных олиготрофных водоемов, расположенных в Восточных Саянах, Байкальском, Баргузинском и Икатском хребтах, хребтах Станового и Патомского нагорий, Витимском Плато. В прибрежье на глубинах от уреза воды до одного метра были многочисленны *Bosmina (Eubosmina) longispina*, *Kellicottia longispina*.

Отмечалось некоторое разнообразие ветвистоусых ракообразных: *Ophryoxus gracilis*, *Acroperus harpae*, *Alonella exigua*, *Eurycercus lamellatus*, *Pleuroxus trigonellus*. В толще воды с двухметровой глубины до четырех метров доминировали *Acanthodiptomus tibetanus*, *K. longispina* [Итигилова и др., 2009].

Основные группы зоопланктона озера Табанкуль (Южный Урал) представлены 22 видами, которые распределяются следующим образом: коловратки — 8 видов: *Asplanchna girodi* de Guerne, *Brachionus angularis* Gossef, *B. bidens* Plate, *B. calyciflorus* Pallas f. *amphiceros* Ehrenberg, *Filinia limnetica* (Zacharias), *Keratella cochlearis* (Gosse) (ff. *cochlearis* (Gosse), *tecta* (Gosse)), *Keratella quadrata* (O.F. Muller) (ff. *dispersa* Carlin, *longispina*, *quadrata* (O.F. Muller)), *Polyarthra dolichoptera* Idelson, *Trichocerca (Diurella) similis* (Wierzejsky); Cyclopoida — 6 видов: *Cyclops insignis* Claus, *C. kolensis* Lilljeborg, *C. strenuus* Fisher, *C. vicinus* Uljanin, *Mesocyclops leuckarti* (Claus); Calanoida — 1 вид: *Eudiaptomus vulgaris* (Schmeil); Branchiopoda — 8 видов: *Bosmina kessleri* Uljanin, *B. longirostris* (O.F. Muller), *Chydorus sphaericus* (O.F. Muller), *Daphnia cucullata* Sars, *D. galeata* Sars, *D. longispina* (O.F. Muller), *Diaphanosoma brachiurum* (Levin), *Leptodora kindtii* (Focke). В озере Табанкуль встречены достаточно редкие для фауны восточно-предгорного лимнологического района и всего Южного Урала виды зоопланктона — коловратки *Asplanchna girodi*, *Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus*, которые в весеннее время являются доминирующими, но впоследствии не встречаются. Это связано со специфическими условиями обитания в гипертрофном водоеме, прежде всего составом фитопланктона и конкуренцией с ветвистоусыми раками [Рогозин, 2006].

Рассмотрим озёра (оз. Увильды, оз. Большое Миассово, оз. Малый Теренкуль), расположенные в пределах района Восточных предгорий Южного Урала, Челябинская область. В ходе исследования вертикального распределения зоопланктона озера Увильды обнаружено 25 видов гидробионтов: 11 видов — представители отряда Cladocera, класс Crustacea (Ракообразные); 6 видов — представители отряда Copepoda, класс Crustacea; 8

видов относятся к типу Rotifera (Коловратки). В озере Б. Миассово всего обнаружено 23 вида гидробионтов: 8 видов Cladocera, 5 видов Copepoda и 10 видов Rotifera. Видовой состав гидробионтов озер Увильды и Б. Миассово аналогичен и в целом характерен для пресных озер Южного Урала. Различия касаются некоторых деталей. Так, массовое присутствие представителей рода *Cyclops* в середине лета, к тому же в наиболее прогретом слое,— явление необычное. Представители данного рода, как правило, дицикличны и наиболее многочисленны весной и поздней осенью. В ходе исследования вертикального распределения зоопланктона озера М. Теренкуль обнаружено 13 видов гидробионтов: 4 — Cladocera, 5 — Copepoda, и 4 — Rotifera [Речкалов, 2011].

Главной отличительной чертой зоопланктона озера М. Теренкуль следует считать отсутствие целого ряда характерных для данного класса озер видов: *Daphnia cristata* (Sars, 1862), *Daphnia cucullata* (Sars, 1862), *Diaphanosoma brachiurum* (Levin, 1848), *Ceriodaphnia quadrangula* (Muller, 1785). Кроме того, обращает на себя внимание, что такие массовые виды, как *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888) и *Bosmina longirostris* (Muller, 1785), представлены единичными экземплярами [Речкалов, 2011].

Зоопланктон озера Сладкое представлен в основном тремя группами организмов: Rotatoria (22 формы), Cladocera (13) и Copepoda (7). Зоопланктон представлен обычными для пресных вод Сахалина широко распространенными в палеарктике формами. Большая часть видов имеет пресноводное происхождение, и только *Eurytemora affinis* можно отнести к видам морского происхождения. Его также можно рассматривать как амфибореальный вид, распространенный в солоноватых водах и в пресных, имеющих связь с морем. Эндемичных видов обнаружено не было. В экологическом отношении основу зоопланктона озера составляет эупланктон. В связи с небольшой глубиной озера заметное развитие получают также планктонобентосные формы. Все виды относятся к пресноводным или солоновато-водно-эвригалинным. Преобладает в озере мирный планктон. Заметную роль играют свободноплавающие особи жаберных паразитов рыб – копепод рода *Ergasilus*.

В озере в 2010 г. было отмечено два подвида коловраток рода *Keratella* – *K. irregularis irregularis* и *K. cochlearis hispida*. Форм, доминирующих по всей акватории, в период исследования в водоеме не было, однако можно выделить наиболее многочисленных в целом – это коловратки рода *Keratella* (37,9 % от общей средней численности), *Polyarthra* sp. (22,73%), *Trichocerca cylindrica* (14,39%), *Filinia longiseta* (12,5%), и наиболее массовых – *Asplanchna henrietta* (15,94% от общей средней биомассы), *T. cylindrica* (13,13%), *Ploesoma truncatum* (12,1%) и *Eurytemora affinis* (12,37%). Таким образом, эдификаторами зоопланктонных сообществ в период исследований являются, за исключением единственного рачка *E. affinis*, коловратки [Заварзин, 2011].

Представители зоопланктона озера Тоя (Япония) - *Daphnia longispina*, *Daphnia galeata*, *Eubosmina tanakai*, *Bosmina longirostris*, *Holopedium gibberum*. Видовой состав изменялся в течение всего периода исследования. В 1992 и 1993 году доминирующим видом был *D. longispina*, потом *E. tanakai* и *C. strenuus*. В 1994 г. преобладали *C. strenuus* и *H. gibberum*, составляя 80 % от общей биомассы зоопланктона. В 1995 г. *E. tanakai* был доминирующим видом, биомассы других ветвистоусых и копепоид не увеличились. *B. longirostris* не было обнаружено, этот вид стал доминирующим с 1996 года. Эта преемственность доминирующих видов коррелирована с размерами: крупнейший *Daphnia longispina* исчез первым, за ним последовал *C. strenuus*, и, наконец, *E. tanakai* был заменен на самый мелкий вид, *B. longirostris* [Syuhe et al., 2003].

Рассмотрим состояние экосистем высокогорных субальпийских водоемов на Кольском полуострове на примере озер Академическое и Тахтаръявр. Оз. Академическое расположено в центре Хибинского горного массива на высоте 759,4 м н. у. м. Зоопланктон озера характеризуется низкими значениями численности. Качественные пробы показали присутствие единственного представителя – ветвистоусого ракообразного рода *Bosmina*. Несмотря на высокое содержание кислорода, для этих ракообразных была характерна ярко-

красная окраска. В количественных пробах зоопланктон не был обнаружен [Денисов и др., 2015].

Оз. Тахтаръявр находится в юго-западной части Хибинского горного массива на высоте 812 м н. у. м. В водоеме зарегистрировано 11 таксонов видового ранга: Rotifera – 9 (*Asplanchna* sp.; *Brachionus calyciflorus* Wierzejski; *Cephalodella* sp.; *Keratella cochlearis* (Gosse); *K. quadrata* (Muller); *Kellicottia longispina* (Kellicott); *Polyarthra* sp.; *Ploesoma* sp.; *Synchaeta pectinata* Ehrenberg), Copepoda – 2 (*Cyclops* sp., *Calanoida* sp.). Видовой состав зоопланктона характеризовался отсутствием в пробах «тонких» фильтраторов (Cladocera) и низкой численностью веслоногих ракообразных. В состав руководящего комплекса входили «мирные» коловратки *Keratella cochlearis*, *Synchaeta pectinata*, *Polyarthra* sp. [Денисов и др., 2015].

Исследования озёр Северно-Казахстанской области проводились в летний сезон 2009-2010 г. Большая часть исследованных озёр находятся в неблагоприятном экологическом состоянии, доминирующий комплекс зоопланктона беден в видовом отношении. В составе зоопланктона преобладают в основном эврибионтные виды, обладающие широкой экологической лабильностью. Авторами было изучено всего 17 озёр, рассмотрим только некоторые из них. Например, в оз. Полковниково наблюдалось массовое развитие *Mesocyclops crassus* (Fisch.), *Eudiatomus graciloides* Lill., *Daphnia longispina*, *Keratella quadrata*. Отмечены рачки *Bythotrephes longimanus*, не характерные для загрязнённых водоёмов. В оз. Лебяжье доминировали *Mesocyclops leuckarti* Claus 43 %, *Brachionus calyciflorus* Pallas 16 %, *Filinia major* (Golditz) 22 % [Ермолаева, 2013].

Зоопланктон оз. Балхаш представлен коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными. За весь период гидробиологических исследований (1929-2004 гг.) в составе зоопланктона было выявлено 312 таксонов. Выявлен тренд увеличения количественных показателей планктонных беспозвоночных, особенно выраженный после зарегулирования стока р. Иле. В состав доминантного комплекса входили *Arctodiatomus salinus*,

Diaphanosoma lacustris, *Mesocyclops leuckarti*, в восточной части ещё и *Daphnia galeata* [Крупа и др., 2013].

В озере Пиени-Кауро (Восточная Финляндия) был обнаружен 41 вид ветвистоусых ракообразных из восьми семейств. Из планктонных видов самое широкое распространение (находится в каждой пробе) имел ветвистоусый рак *Bosmina (Eubosmina)*. Из прибрежных (литоральных) видов, *Alona affinis* и *Alonella nana* часто встречались и имели обильную (10-15%) численность. *Bosmina (Eubosmina)* и *Daphnia spp.* находились на большой глубине озера, а вид *Bosmina longirostris* сконцентрировался на мелкой глубине. *Eurycercus spp.* и *A. affinis* были найдены на мелководье, в то время как *Alona rustica*, *A. guttata var. tuberculata* и *Chydorus sphaericus* изобиловали на меньших глубинах (до 2 м) [Nevalainen, 2011].

Видовой состав Гималайских озёр был представлен циклопами, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными. А именно *Cyclops abyssorum*, *Cyclops abyssorum tatricus*, *Leptodiptomus minutus*, *Arctodiptomus jurisowitchi*, *Daphnia himalaya* и *Daphnia longispina* [Sommaruga, 2010].

Видовой состав озер в австрийских Альпах представлен основными видами, характерными для горных озёр, такими как, *Daphnia pulex*, *Bosmina (Eubosmina) longispina*, *Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae*, *Alona affinis* [Rainer, et al., 201447].

Озеро Большое Алматинское – одно из крупнейших горных озер Казахстана. Всего было обнаружено пять планктонных видов - *Filinia longiseta* (Ehrenberg), *Keratella quadrata* (Müller), *Daphnia sp.* (Juv.), *Cyclops vicinus* (s. lat), копеподиты *Cyclops*, науплии веслоногих, *Acanthodiptomus denticornis*, копеподиты Diaptoidea. Из пяти видов преобладали коловратки *K. quadrata* и копеподы – *Cyclops vicinus*, *Acanthodiptomus denticornis* [Тимирханов и др., 2011].

Озеро Изумрудное расположено на абсолютной высоте 1200 м в верховьях реки Лены на территории Байкало-Ленского заповедника. По форме – это овальный водоем, длина его 500–600 м, ширина около 80 м, котловина

озера термокарстовой природы, образованная в результате протаивания вечной мерзлоты. Зоопланктон был разнообразен и относительно богат количественно. По числу видов и подвидов (10), родов (4) лидировало семейство Chydoridae. Также необходимо отметить относительно богатый состав ракообразных (5 видов) из семейства Cyclopoidea. В экологическом аспекте, в силу того, что озеро мелководное и высшая водная растительность занимает большую площадь, зоопланктон в основном представлен эвритопными, бентосными и литоральными животными. Истинно планктонные организмы составляют только 25 % от всего состава. Весь период открытой воды в водоеме присутствовали фитофилы: *E. dilatata*, *A. harpae*, *A. affinis* и эвритопные *C. sphaericus*, *E. serrulatus* [Шабурова, 2015].

Как мы видим, наиболее часто встречаемые виды в горных озёрах Евразии – среди кладоцер виды рода *Daphnia*, *Bosmina* (*Eubosmina*) *longispina*, *Holopedium gibberum*, *Polyphemus pediculus*, *Scapholeberis mucronata*, *Acroperus harpae*, *Chydorus sphaericus*, виды р. *Alonella*; среди копепод - *Cyclops scutifer*, *C. abyssorum*, *Acanthodiaptomus denticornis* и др. диаптомиды, *Mesocyclops leuckarti*; среди коловраток - *Kellicottia longispina* виды родов *Keratella*, *Euchlanis*, *Synchaeta* и др.

1.2 Уровни биомассы и численности зоопланктона, трофность и сапробность горных озёр

Теперь рассмотрим уровни биомассы и численности описанных выше некоторых озёр. Наибольшие численность (471 тыс. экз./м³) и биомасса (9,02 г/м³) зоопланктона высокогорных озер отмечены в озере-спутнике озера Гусиного, наименьшие – в озере-истоке р. Жомула (0,4 тыс. экз./м³ и 0,04 г/м³). В составе зоопланктона предгорных озер (Колыванское и Белое) в 2003 г. преобладали *Cladocera* (23 вида). Средние показатели численности (9,9±5,9 тыс. экз./м³) и биомассы (0,6±0,2 г/м³) зоопланктона оз. Колыванского в пелагиали заметно ниже, чем в прибрежной зоне (89,2±9,6 тыс. экз./м³ и 24,04±7,48 г/м³). Высокогорные и предгорные озера, можно отнести к олиготрофному типу. По составу видов индикаторов и индексу сапробности

водные объекты в горной и предгорной частях бассейна Верхней Оби можно отнести к «очень чистым» и «чистым» [Бурмистрова, 2009].

Сравнительный анализ выявил увеличение количественных показателей зоопланктона и снижение величин средней индивидуальной массы особи в зоопланктоне при возрастании биогенной нагрузки на экосистемы пресных озер. Средняя величина биомассы зоопланктона горных глубоководных (МО) озер Казахстана ($0,6 \pm 0,2$ г/м³) аналогична таковой сообществ олиготрофных озер гумидной зоны ($0,7 \pm 0,2$ г/м³). Биомасса зоопланктона эвтрофных озер гумидной зоны ($3,6 \pm 0,6$ г/м³) при этом выше, чем в озёрах Казахстана (не более $2,0$ г/м³) даже при повышенной биогенной нагрузке. Существенное снижение величины биомассы зоопланктона в мелководных зарастающих озерах, которые по комплексу показателей отнесены к гиперэвтрофным, позволяют вслед за [Речкалов, 2011] констатировать ее нелинейное изменение, в отличие от распространенного положения о последовательном увеличении биомассы сообществ в процессе эвтрофирования лимнических экосистем [Крупа, 2010].

В высокогорных озерах Алтая (Талдуколь, Чейбоколь, Узунколь и Балыктыколь) значения индекса сапробности свидетельствуют об олигосапробных условиях, за исключением оз. Укок, где наблюдали β -мезосапробные условия (1,92). В наиболее крупном (30 км²) из исследованных высокогорных озер (Джулукуль) наблюдали пограничные условия (олиго-мезосапробные). Из четырех глубоких (18-25 м) и средних по площади акватории озер ($1,20$ - $1,65$ км²), только руслообразное озеро Чейбоколь по значению индекса оказалось β -олиго-сапробным, остальные – α -олиго-сапробные. Только в двух (мутные озера Гусиное и озеро-исток р. Жомулы) высокогорных озерах плато Укок отмечены β -олиго-сапробные условия, в остальных – α -олиго-сапробные. Численность зоопланктона Кара-Кудюрской систем озер в целом не изменилась (1975 г. – $58,5$; 2000 г. – $47,5 \pm 6,8$ тыс. экз./м³), а биомасса выросла (1975 г. – $0,3$; 2000 г. – $1,7 \pm 0,4$ г/м³). Численность Чибитской систем озер зоопланктона в целом не изменилась (1975 г. – $12,0$;

2000 г. – $12,5 \pm 1,6$ тыс. экз./м³), а биомасса выросла (1975 г. – 0,5; 2000 г. – $1,1 \pm 0,3$ г/м³). Вероятно, это связано со снижением прессы рыб (акклиматизантов) на сообщество зоопланктона [Бурмистрова, Ермолаева, 2008].

Оценка качества воды в озере Улаагчны Хар проводилась по биологическому методу, т. е. по присутствию индикаторных таксонов животных. В составе фауны планктона 41 вид является индикатором разной степени сапробности, из них почти 70 % относятся к олиго - и олиго-β сапробам. Виды рода *Brachyonus* (β – и α-мезосапробы) присутствовали в планктоне в единичных экземплярах и не во все сезоны года. Видовое разнообразие и количественное развитие каждого вида также служат дополнительными показателями состояния зоопланктоценоза. В подлédный период число видов колебалось от 4 до 15. Во все сроки наблюдений индекс разнообразия был относительно высоким (1,3–3,12 бит) при относительно низких показателях индекса сапробности. Исключение составляет февраль, когда в составе зоопланктона присутствовали 12 видов при доминировании одного, а значение индекса разнообразия было минимальным. Максимальное значение индекса отмечено в августе, когда в составе зоопланктона отмечены 33 вида [Аюушсурэн и др., 2013].

Оценка качества воды с использованием индикаторных организмов и в соответствии с эколого-санитарной классификацией показала, что в период открытой воды она соответствовала II классу. Таким образом, высокие значения индекса разнообразия (0,68–3,2 бит) и низкие значения индекса сапробности (0,85–1,6) для сообщества зоопланктона свидетельствуют, что вода в оз. Улаагчны Хар в период исследования характеризуется как чистая в период открытой воды и умеренно загрязнённая в подлédный период [Аюушсурэн и др., 2013].

Минимальная численность организмов оз. Сладкое по станциям составила около 2.000 экз./м³, максимальная – более 500.000 экз./м³, средняя – около 200.000 экз./м³. Значения биомассы колебались в пределах от 19 мг/м³ до

более 300 мг/м³. Как по численности (97,4% от общей средней), так и по биомассе (68,6% от общей средней) в водоеме преобладали коловратки. В формировании биомассы зоопланктона также заметную роль играли копеподы – 25,7% от общей средней, хотя их численность составляла всего 2,3%. Роль кладоцер в формировании биомассы в водоеме в период исследования, несмотря на наличие крупных форм, была незначительна (5,7% от общей средней), в связи с их крайне низкой численностью – всего 0,2% от общей средней. Путем кластеризации по степени ценотического сходства было выделено три сообщества зоопланктона в озере. Большую часть акватории водоема в июле 2009 г. занимало сообщество *Asplanchna henrietta* – *Trichocerca cylindrica* – *Ploesoma truncatum*. Доминировали в нем коловратки (76% общей биомассы), на долю рачков приходилось – 19% веслоногие и 5% ветвистоусые. Облигатным хищникам принадлежало 22% биомассы сообщества. Заметную роль в планктоценозе играли свободноплавающие особи копепод рода *Ergasilus* – жаберных паразитов рыб, их численность в среднем составляет 432 экз./м³, вид в сообществе занимает место характерного первого порядка. В сообществе преобладали пелагические формы. Численность организмов в среднем составляла более 200 тысяч экз./м³, биомасса – около 180 мг/м³. Индекс видового разнообразия составлял 1,81 по численности и 2,53 по биомассе, ABC-индекс положительный, что позволяет условно считать сообщество равновесным. Сообщество Harpacticoida, indet. - *Keratella irregularis* – типично прибрежное, о чем, помимо расположения станций, говорит и состав видов – основные доминанты – гарпактициды – организмы обычные в мейобентосе. По численности в сообществе преобладают коловратки (94 % от общей), по биомассе – копеподы (51% от общей). Индекс видового разнообразия был 1,39 по численности и 2,23 по биомассе, ABC – индекс отрицательный – сообщество неравновесно. Сообщество *Eurytemora affinis* отмечалось и в пелагиали озера и прибрежье. Сообщество монодоминантно. Облигатные хищники составляли 7,1% общей средней биомассы. По численности в сообществе преобладали коловратки (96,3% от общей средней численности сообщества), а по биомассе

– копеподы (54,0% от общей средней биомассы сообщества), составлявшие по численности всего 3,4%. Роль кладоцер незначительна (0,3% численности и 3,8% биомассы). Роль эргазилид ниже, чем в предыдущих сообществах, их статус – характерные второго порядка. Численность организмов составляла около 180 тысяч экз./м³, биомасса в районе 170 мг/м³. Индекс видового разнообразия по численности – 1,36, по биомассе – 2,17. Основным сообществом зоопланктона озера является пелагическое. Заметных изменений в фауне зоопланктона оз. Сладкое с девяностых годов не произошло, отличия незначительны и обусловлены, по-видимому, разными сезонами исследований [Заварзин, 2011].

В оз. Тоя, находящемся в Японии, биомасса зоопланктона изменялась от времени года. Она увеличилась в июне, а затем снизилась после сентября и была крайне низкой в зимнее время каждого года, кроме зимнего времени в 1992-1993 годах. В 1992 и 1993 году биомасса зоопланктона достигала до 4,3 г/м³, а после 1994 г. биомасса снизилась до 1 г/м³. Это экстремальное изменение в биомассе было связано со сменой доминирующих видов с более крупных, таких как *Daphnia longispina* и *Cyclops strenuus*, на мелких, таких как *Eubosmina tanakai* и *Bosmina longirostris*. Изменение биомассы, связанное со сменой доминирующих видов с более крупных на мелкие, привело к увеличению концентрации хлорофилла в эвфотической зоне и снижению прозрачности в озере, тем не менее озеро Тоя охарактеризовано как олиготрофное [Syuhei et al., 2013].

Рассмотрим численность и биомассу озёр (оз. Увильды, оз. Большое Миассово, оз. Малый Теренкуль), расположенных в пределах района Восточных предгорий Южного Урала, Челябинская область. Средневзвешенные значения численности оз. Увильды составили 36,0 тыс. экз./м³ и 21,0 тыс. экз./м³ для сезонов 2007 и 2008 г. соответственно, биомассы — 0,50 г/м³ и 0,57 г/м³. Усредненные для всего столба воды значения численности и биомассы зоопланктона оз. Большое Миассово составили 39,6 тыс. экз./м³ и 1,05 г/м³ соответственно. Усредненная численность зоопланктона

оз. Малый Теренкуль составила 25,8 тыс. экз./м³, биомасса — 0,66 г/м³ [Речкалов и др., 2011]. Для озёр, расположенных в пределах района Восточных предгорий Южного Урала, необходимо отметить, что, несмотря на значительно более высокий трофический статус озера М. Теренкуль, развитие зоопланктона, оцениваемое по показателям обилия, приблизительно соответствует таковому для озера Увильды и явно уступает озеру Б. Миассово. Наблюдаемые различия можно объяснить следующим образом. В озере Увильды, сохраняющем черты олиготрофии, фактором, лимитирующим развитие зоопланктона, выступает обеспеченность пищей, а в гипертрофном озере М. Теренкуль — токсичное воздействие выделений сине-зеленых водорослей и продуктов неполного окисления органики. В озере Б. Миассово действие этих факторов менее выражено [Речкалов и др., 2011].

Оз. Тахтарьявр находится в юго-западной части Хибинского горного массива. Основу общей численности составляли коловратки, биомассы — веслоногие ракообразные. Индекс видового разнообразия Шеннона — 1,7 бит/экз. Зоопланктон двух озёр (Академическое и Тахтарьявр) характеризуется обедненным видовым составом и невысокими количественными показателями, что является характерным для горных холодноводных олиготрофных озёр. Зоопланктон оз. Тахтарьявр имеет некоторые признаки, характерные для мезотрофных водоемов [Денисов и др., 2015].

В оз. Полковниково (Северно-Казахстанская область) численность зоопланктона достигла 285030 экз./ м³ при биомассе 15897.6 мг/м³ за счёт массового развития *Mesocyclops crassus* (Fisch.), *Eudiaptomus graciloides* Lill., *Daphnia longispina*, *Keratella quadrata*. В оз. Лебяжье максимальная численность зоопланктона составляла 493440 экз./м³ при биомассе 1674.4 мг/м³. В оз. Горькое максимальная численность составила 140888 экз./м³ за счёт массового развития *Mesocyclops leuckarti*, *Keratella quadrata*, а биомасса — 3961.6 мг/м³ за счёт *Daphnia* [Ермолаева, 2013].

В оз. Балхаш численность зоопланктона за рассматриваемый период варьировала в пределах 19,2-124,3 экз./м³. Биомасса сообщества изменялась от 0,50 до 3,14 мг/м³ [Крупа и др., 2013].

Численность и биомасса зоопланктона озера Большое Алматинское уменьшаются от верхней части озера к плотине. Максимальная численность (3591 экз./м³) и биомасса (14,38 мг/м³) выявлены в верхнем левобережном заливе. Эти показатели формировались за счет высокой численности коловраток *K. quadrata* (2341 экз./м³) и биомассы веслоногих (10,6 мг/м³). В средней части озера общая численность зоопланктеров меньше в пять раз, а биомасса – в 1,4 раза. На этом участке также доминируют веслоногие. В нижней части численность гидробионтов ниже, чем в верхней части, в 38 раз, биомасса – в 18 раз. В нижней части озера, в среднем, доминирующей по биомассе группой являлись веслоногие, однако в районе водозабора отмечена высокая численность ветвистоусых (молодь *Daphnia sp.*). Общая средняя биомасса зоопланктона в целом по озеру составила 5,84 мг/м³, что указывает на очень низкую кормность и, соответственно, очень низкую продуктивность, озеро может быть отнесено к ультра-олиготрофному типу [Тимирханов и др., 2011].

По данным численности и биомассы зоопланктона, согласно классификации (Китаева С.Н., 1984 и 2007 гг.) оз. Изумрудное можно отнести к водоемам а-олиготрофного типа [Шабурова, 2015].

По процитированному материалу можно отметить, что самая максимальная биомасса составляла 15897.6 мг/м³, минимальная - 5,84 мг/м³. Что касается численности зоопланктона, то максимум составил 493 тыс. экз./м³ и более, а минимум - 0,4 тыс. экз./м³. Многие горные озёра относятся к олиготрофному типу, а сапробность варьирует от α-олиго-сапробных до β-олиго-сапробных.

1.3 Сезонная динамика зоопланктона горных озёр

Разберём сезонную динамику зоопланктона упомянутых выше озёр. Сезонная динамика зоопланктона горных и предгорных озёр бассейна Верхней

Оби характеризуется максимальным количеством и видовым разнообразием зоопланктона в конце летнего периода. В целом можно сказать, что максимального обилия зоопланктон достигает на зарастающих макрофитами биотопах, где заросли растений гасят силу течения или ветро-волнового перемешивания, способствуют повышению пищевых ресурсов зоопланктеров и создают гетерогенность среды. По совокупным показателям зоопланктона (видовой состав, количество, индекс видового разнообразия, коэффициент и показатель трофии, отношение биомассы зоопланктона к биомассе фитопланктона, соотношение биомасс рачков и коловраток за вегетационный период, средняя индивидуальная масса особи в сообществе) высокогорные и предгорные озера можно отнести к олиготрофному типу [Бурмистрова, 2009].

Зоопланктон водоемов Центрального Казахстана, географически занимающих промежуточное положение, представлен преимущественно эвритопными и широко распространенными видами. Выявлено два типа межгодовой зависимости между численностью зоопланктона и гидрологическим режимом (уровнем воды) пресных водоемов Казахстана: обратная связь для горных холодноводных озер, имеющих ледниковое питание, и прямая для равнинных тепловодных озер и водохранилищ, находящихся в зоне антропогенного воздействия. С учетом данных по межгодовой динамике биогенных элементов сделан вывод, что обратная зависимость между численностью зоопланктона и уровнем воды горных озер Казахстана обусловлена преимущественно автохтонным происхождением фосфора. При незначительном количестве биогенных элементов, поступающем в горные озера с территории ненарушенных водосборов и водой рек, их накопление происходит за счет недоиспользования бактериопланктоном и фитопланктоном в условиях низких температур и короткого вегетационного сезона [Крупа, 2010].

Численность и биомасса зоопланктона озера Изумрудное в период открытой воды характеризовалась 2 пиками, при максимуме количественных

показателей в начале июня. Во все сроки наблюдений доминировали по численности и биомассе эвритермные, эвритопные ветвистоусые ракообразные. Доминантами по численности в озере являются 5 видов ветвистоусых (*B. longispina*, *C. sphaericus*, *A. harpae*, *A. affinis*) и 3 вида веслоногих (*E. serrulatus*, *A. denticornis*, *M. viridis*). Структурообразующий комплекс состоял из 2–5 видов, при абсолютной численности ветвистоусых [Шабурова, 2015].

Рассмотрим глубокие, высокогорные озёра – Женева и Аннеси. Обилие *Daphnia longispina*, *D. galeata* в оз. Женева достигает своего пика в мае, а затем уменьшается. В оз. Аннеси, в отличие от оз. Женева, пик зоопланктона приходится на июнь и сохраняется до сентября. Наибольшая численность *Eubosmina longispina* и *Eubosmina Mixta* была зафиксирована весной в оз. Женева, в то время как в оз. Аннеси - в конце лета или осенью. Хищный зоопланктон *Leptodora* и *Bythotrephes* был менее распространен в оз. Аннеси, чем в оз. Женева, распространенность зоопланктона будет значительно отличаться в этих озёрах с мая по август (критерий Вилкоксона, $P, 0,005$). Сезонная картина популяции *Leptodora* была сходной у двух озер, с максимумом в июле и августе. Пиковая биомасса *Bythotrephes* была достигнута в июне для оз. Женева, в то время как в оз. Аннеси высокие биомассы для этого вида были в промежутке от конца лета до декабря [Anneville et al., 2010].

Сезонная и межгодовая вариабельность динамики биомассы возрастает по мере увеличения продуктивности водоемов и снижения размера особей в сообществах. Эта вариабельность увеличивается с увеличением изменчивости температурных условий в водоеме, а также возрастания загрязнения, антропогенного эвтрофирования водоема. В частности, малая вариабельность характерна для арктических водоемов [Алимов, 2000].

1.4 Характеристики зоопланктона по градиенту высоты озёр

Рассмотрим характеристики зоопланктона из некоторых горных и предгорных озер по градиенту высоты. Так, Телецкое озеро - глубоководный олиготрофный водоём, расположенный в северо-восточной части Горного Алтая на высоте 436 м над уровнем моря, котловина тектонического

происхождения. По данным [Зуйкова, 2009], список видов зоопланктона озера включает 117 таксонов видового и подвидового рангов, из них кладоцер 49 таксонов, коловраток - 44, копепод - 24. С 1989 по 2005 г. в составе выявлены коловратки *Brachionus nilsoni*, *Brachionus sp.*, *Filnia longiseta*, *F.terminalis*, *Lecane luna*, *Euchlanis sp.*, *E.lyra*, *Keratella irregularis*, *Notholca labis*, *N.foliacea*, *Trichotria tetractis*, *T.truncata*, *Lepadella sp.*, *Trichocerca longiseta*, *T. elongata*, *Synchaeta pectinata*, *Synchaeta cecilia*. В сентябре 2001 г. в содержимом желудков сига *Coregonus lavaretus pravdinellus Dulket*, а затем и в составе зоопланктона зарегистрированы новые для озера виды (*Holopedium gibberum*, *Neurodiaptomus incongruens*).

Доминирующий комплекс зоопланктона Телецкого озера включает 10 видов (*Conochilus unicornis*, *Asplanchna priodonta*, *Kellicotia longispina*, *Polyarthra luminosa*, *Collocetheca sp.*, *Synchaeta sp.*, *Ascomorpha ecaudis*, *Bosmina longispina*, *Arctodiaptomus bacillifer*, *Cyclops abyssorum*), большинство из которых достигают максимальной численности летом в период максимального прогрева воды. Эндемичные виды коловраток и низших ракообразных в составе зоопланктона озера не зарегистрированы. Основное отличие видовой структуры сообщества зоопланктона Телецкого озера от других глубоких олиготрофных озёр Сибири заключается в том, что в пелагиали водоёма даже в период максимального развития зоопланктона из ветвистоусых доминирует один вид – *Bosmina longispina*. Видовая структура и временная динамика зоопланктона Телецкого озера несут черты, присущие олиготрофным альпийским и субальпийским озёрам. Развитие сообщества в таких водоёмах лимитируется суровыми условиями окружающей среды, морфометрическими и гидрологическими параметрами водоёма и низкой концентрацией биогенных веществ [Зуйкова, 2009].

Озеро Бол. Намаракит (Северное Забайкалье, предгорье Каларского хребта) расположено на высоте 994 м над уровнем моря. Озерная котловина имеет неправильную несколько вытянутую с юга на север форму с глубоко вдающимися в сушу заливами. Сток из озера образован единственным

водотоком длиной около 6 км, прорезающим глубокую горную складку и впадающим в р. Куанда в 45 км от ее истока из оз. Леприндокан. Перепад высот между озером и долиной реки составляет 360 м. Зона литорали на северо-западном и северо-восточном участках побережья не превышает трех-пяти метров, свал резко выражен, глубины быстро приближаются к максимальным. В составе зоопланктона выявлены 14 видов, из них Calanoida – 2, Cyclopoidea – 1, Cladocera – 6 и Rotifera – 5. Основу численности зоопланктона во всех зонах глубин составляли *Cyclops scutifer* и *Kellicottia longispina*, а биомассы – *Cyclops scutifer*, *Heteroscope appendiculata* и *Acanthodiptomus tibetanus* [Матвеев, 2008].

Средняя численность и биомасса зоопланктона для всего озера составили 11,757 тыс. экз./м³ и 135,6 мг/м³ соответственно. Основу биомассы на мелководьях составляют *H.appendiculata*, *D. longiremis*, *C. scutifer* и *B. longispina*. В более глубоких участках озера численность зоопланктона увеличивается в 3–5,5 раза, а биомасса в 2,6–3,4 раза. На глубине 5 м основу биомассы по-прежнему составляет *H. appendiculata*, биомасса которого возрастает более чем в 2 раза. Структурная организация зоопланктона оз. Бол. Намаракит во многом сходна с таковой в других озерах Куандо-Чарского водораздела и в первую очередь оз. Бол. Леприндо [Матвеев, 2008].

Озёра Тоджинской котловины расположены в междуречье Большого Енисея и относятся к двум речным системам: бассейну р. Ий-Хем и бассейну р. Азас. Водоёмы характеризуются разной степенью проточности. Большинство крупных озёр Тоджинской котловины тектонические, за исключением оз. Тоджа, которое имеет ледниковое происхождение. Высота озёр над уровнем моря варьируется от 800 м до 1800 м. Максимальное число видов зоопланктона (34) зарегистрировано в оз. Тоджа, минимальное (19) – в оз. Маны-Холь. Основу численности зоопланктона составляли коловратки – 70,7 %, на долю копепод приходилось 26,7 %, на долю кладоцер – 7,2 %. Среди копепод по плотности и биомассе доминировал *Eudiaptomus graciloides*. Также веслоногие ракообразные представлены *Arctodiptomus paulseni*, *Cyclops scutifer* Sars и *Mesocyclops leuckarti* Claus [Зуйкова, 2009].

В других озёрах Тоджинской котловины основу комплекса доминирующих видов зоопланктона составляли коловратки *Conochilus sp.*, *Kellicottia longispina* и *Asplanchna priodonta* и ветвистоусые ракообразные *Daphnia galeata* и *Bosmina longispina*. Для большинства сообществ зоопланктона озёр выявлено значительное сходство видового состава (за исключением озёр Маны-Холь и Тоджа). Несмотря на тесную взаимосвязь между озёрами и высокую способность планктонных животных к расселению, обнаружены явные различия между планктонными сообществами озёр по обилию отдельных таксономических групп. По-видимому, видовая структура зависит в большей степени от абиотических факторов отдельного водоёма, чем от влияния биологического стока соседних, близко расположенных водоёмов. К основным факторам, определяющим специфику таксономической структуры зоопланктона в исследованных озёрах, относятся глубина водоёма и температура [Зуйкова, 2009].

На юге Сибири находится несколько озёрных систем, расположенных в верховьях рек Оби, Енисея и Витим, - Телецкое озеро, озёра Тоджинской котловины, Байкал, Хубсугул и Баунтовские. По совокупности физико-географических характеристик и климатическим условиям озёра Тоджинской котловины более всего схожи с Баунтовскими озёрами. Они находятся фактически на одной высоте над уровнем моря и имеют сходные размеры и происхождение. Основу составляют копеподы, общее число видов зоопланктона колеблется от 9 (оз. Окуневое) до 93 (оз. Орон) [Зуйкова, 2009].

Озеро Ойское (1416 м) - один из крупных высокогорных водоемов Западного Саяна, расположенный в районе схождения горных хребтов Кулумыс, Ойский и Араданский, переходящих далее в хребет Ергаки. В сетном зоопланктоне оз. Ойского в сентябре 2008-2010 гг. обнаружено 22 вида беспозвоночных, из них 8 видов Cladocera, 3 - Copepoda, 11 - Rotifera. По численности доминировали мелкие коловратки (*Kellicottia longispina* (Kellicott), *Conochilus hippocrepis* (Schrank), *C. unicornis* Rousselet, р.*Synchaeta*) и иногда крупная коловратка *Asplanchna priodonta helvetica* Imhov. Основу биомассы

составляли клadoцеры *Daphnia cf. longispina* O. F. Müller и *Holopedium gibberum* Zaddach, копеподы *Cyclops abyssorum* Sars (в основном копеподиты V стадии и половозрелые) и *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus Kiefer) sp.* (копеподиты IV- V стадий и единично - половозрелые), коловратки родов *Asplanchna* и *Synchaeta*. Средняя по озеру биомасса сетного зоопланктона варьировала по годам в небольших пределах - 201-318 мг/м³, что характеризует водоем как олиготрофный, т.е. малокормный. Максимальная биомасса из зарегистрированных на станциях составляла 372 мг/м³ [Зуев и др., 2012].

Озеро Севан – одно из крупнейших горных водоёмов нашей планеты. Этот уникальный водоём расположен на высоте 1916 м над уровнем моря в котловине между горными хребтами Кавказа, в горно-лесном районе Армении с умеренно-холодным климатом. Площадь озера составляет 1244 км². В большинстве случаев основу численности и биомассы зоопланктона составляли веслоногие ракообразные, только в центре Б. Севана – ветвистоусые ракообразные. По численности доминировали науплиусы и копеподы *Calanoida*, а также *Diaphanosoma brachyurum*, *Euchlanis dilatata*, *Keratella quadrata*, *Conochilus unicornis* и *Synchaeta pectinata*, по биомассе - *D. brachyurum*, *Acanthodiaptomus denticornis* и ювенильные стадии *Calanoida*, а в литорали М. Севана – *Simocephalus vetulus*. Среди экологических групп зоопланктёров, выделенных на основе анализа способов передвижения и питания, преобладали вертикаторы и фильтраторы. Вертикальное распределение зоопланктона было неравномерным. Максимальные численность и биомасса зоопланктона регистрировались на глубинах 10 м [Косолапов, 2007].

Альпийские озера и водоемы считаются особенно чувствительными к изменению климата, поскольку потепление уменьшают снежный покров и ледяное покрытие, приводящее к уменьшению альбедо и увеличению теплового поглощения. Потепление климата с большой вероятностью вызовет потерю альпийских сред обитания, возможно вызывая восходящее перемещение видов зоопланктона из низколежащих озер в высокогорные. Эта гипотеза была

экспериментально подтверждена: например, при повышении температуры в экспериментальных емкостях имела место депрессия альпийских видов *Hesperodiaptomus arcticus* и *Daphnia middendorffiana*, а обычные широко распространенные клadoцеры *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus* и *Daphnia pulex* развивались [Holzapfel et al., 2005].

К особенностям зоопланктона горных озер можно отнести тот факт, что видовое богатство ракообразных зоопланктона снижается с увеличением высоты озера над уровнем моря, т.е. чем выше расположено озеро, тем меньше видов обнаруживается в пробах зоопланктона, особенно это касается таксона Cladocera [Rautio M., 1998]. Приведенные выше данные по видовому составу зоопланктона различных горных озер по градиенту высоты не противоречат этой закономерности. В горных озерах часто доминируют копеподы. Среди наиболее распространенных коловраток – *Kellicottia longispina*, виды рода *Conochilus*; среди копепод – виды таксона Diaptominae: *Neurodiaptomus incongruens*, *Arctodiaptomus bacillifer*, *A. paulseni*, *Acanthodiaptomus tibetanus*, *A. denticornis*, *Eudiaptomus graciloides*. Среди клadoцер преобладают *Bosmina longispina*, виды рода *Daphnia*.

Глава 2. Материалы и методы исследования

2.1 Характеристика района исследования

У южной границы Красноярского края и Иркутской области, севернее Тувинской котловины, в бассейне верхнего Енисея расположен огромный горный массив Саяны, включающий две горные системы юга Сибири: Восточный и Западный Саян. Относящиеся к Западному Саяну хребты Кулумыс, Ойский и Араданский сходятся почти в одной точке – в районе истоков реки Большая Оя (из Ойского озера), далее на восток горы уходят уже под названием Ергаки. Протяженность горного комплекса Ергаки с запада на восток около 80 км, ширина около 60 км. Он очень сильно изрезан древними ледниками, имеется много крутых скальных стен, глубоких речных долин и озер. Местность горно-таежная с густой речной сетью. Рельеф среднегорный, преобладают высоты 1300-2100 м. Выделяются четыре высотных пояса растительности: горно-черневой (кедровники, пихтарники, до 900 м н.у.м.), горнотаежный (ельники, пихтарники, до 1100-1500 м), субальпийский (кедрово-пихтовые редколесья и луга) и альпийский (луга и тундры). Климат резко континентальный с продолжительной и суровой зимой (до минус 40°С в январе) и коротким жарким (до 32°С в июле) летом. Летняя среднесуточная температура 9,2-12,3°С, среднегодовое количество осадков 1000-1500 мм, устойчивый снежный покров – с первой декады октября до последней декады мая. Хотя крупных озер в Западном Саяне нет, в альпийском рельефе и в пределах горной тайги, в истоках почти всех рек встречаются озера, в основном ледникового происхождения: каровые, моренно-подпрудные или рожденные горными обвалами. В числе наиболее крупных озер – Ойское в истоках Ои. На территории парка Ергаки находятся более 20 озер горного типа, многие имеют высокое рыбопромысловое значение [Глушченко и др., 2009].

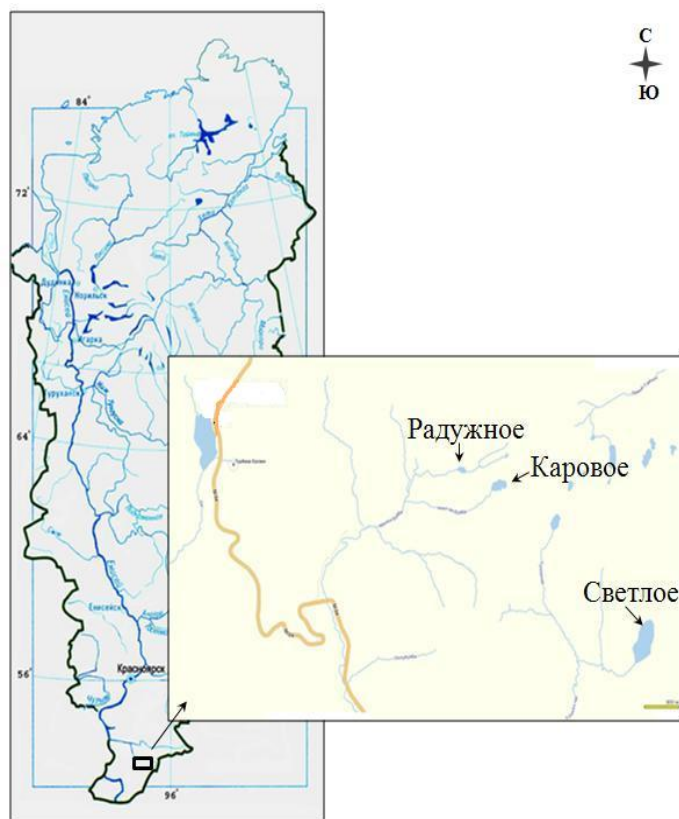


Рисунок 1 - Карта-схема расположения изучаемых озер природного парка «Ергаки»

Озеро Светлое (1511 м н.у.) расположено на южном склоне хребта Ергаки, в рекреационно-туристической зоне природного парка. Озеро представляет собой замкнутую чашу, из южной части которой вытекает речка Тушканчик (приток третьего порядка р. Енисей). Это озеро - первое по величине из изучаемых озер: площадь зеркала $\sim 0,48 \text{ км}^2$, длина береговой линии 3055 м, максимальная глубина 24 м. Минимальные глубины отмечены в южной части озера, также заросшей макрофитами. Грунты представлены крупными валунами, крупным гранитовым песком, в северной и центральной части дно покрыто иловыми отложениями. Площадь литорали по приближенным оценкам может составлять около 90% площади водного зеркала, так как прозрачность в озере высока – в среднем 8,1 м и трофогенная зона (2,5S) занимает слой до глубины 20 м. Озеро одно из самых популярных среди туристов, весь сезон по берегам расположены палаточные лагеря [Глущенко и др., 2009].

Каровое и Радужное озера находятся в рекреационно-туристической зоне парка в отрогах горного массива «Спящий Саян» хребта Ергаки и являются истоками соответственно Нижней Буйбы и Малой Буйбы, которые, сливаясь, образуют Нижнюю Буйбу, приток р. Ус. Из этих озер самое высокогорное (1631 м.н.у., рис. 2), находящееся на границе леса и горной тундры, безрыбное Каровое [Глущенко и др., 2009].

Ниже на высоте 1453 м н.у., в редколесье (кедр, пихта), в зоне перехода от таежного к субальпийскому поясу расположено небольшое озеро Радужное ледникового происхождения, населённое хариусом. Озеро сточное, из него вытекает ручей, один из истоков р. Буйба. Ледник вырыл при движении ложе озера, при таянии остатки горных пород образовали морену, которая создала запруду для стекающих с гор вод – оз. Радужное [Глущенко и др., 2009].

Площадь озера Каровое около 0,09 км², максимальная глубина около 9 м, наиболее частые глубины – 3-5 м. Прозрачность по диску Секки – до дна (более 9 м). Площадь оз. Радужного более чем в половину меньше таковой Карового (0.03 км²), глубина значительно меньше, большая часть глубин не превышает 2-3 м, прозрачность - до дна (рис.2).

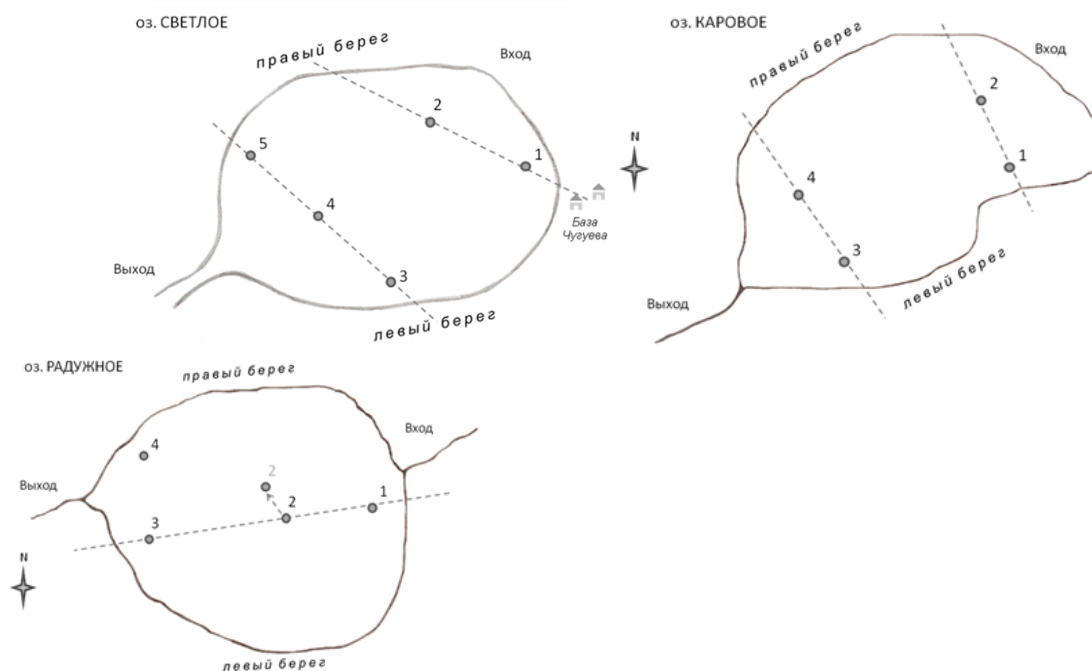


Рисунок 2 - Схемы озер с намеченными станциями отбора проб, пунктирными линиями обозначены разрезы с литоральной и пелигической станциями

Описание станций отбора проб дано в табл. 1, некоторые физико-химические показатели озер – в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 1 - Описание станций отбора проб на горных озерах хребта Ергаки (Западный Саян)

Название озера координаты	Номер станции	Описание станции
Светлое	1	Литораль, левый берег, выше базы Чугуева
	2	Центр по линии ст.1 (по линии базы Чугуева)
	3*	Литораль, левый берег 100-200 м выше истока реки
	4	Центр, 500 м выше истока реки
	5*	Литораль, правый берег >500 м выше истока реки (напротив скалы «Птица»)
Каровое	1	Литораль, левый берег верхняя часть озера
	2	Центр по линии ст.1
	3*	Литораль, левый берег, выше истока ручья
	4*	Центр по линии ст.3 напротив истока ручья
Радужное	1	Литораль, левый берег, ниже ручья вверху озера
	2	Центр озера
	3*	Литораль, левый берег 50-100 м от вытекающего ручья
	4*	Литораль, правый берег 50-100 м от вытекающего ручья

Примечание: * - предполагаемое антропогенное воздействие.

Температура воды в оз. Каровое в июне была низкой (7,8°C - 2011 г., 6,5°C - 2012 г.), к августу вода прогрелась до 12,3 °С, у дна температура также в июне была небольшой, к августу она повысилась до 12,4°C. Величина рН в 2011 и 2012 гг. показывала слабо-щелочную среду, насыщение воды кислородом было высокое, как на поверхности, так и у дна. Температура воды в июле 2013 г. составила 17,1°C, рН показывала слабокислую среду, насыщение воды кислородом было высокое на поверхности (табл. 2).

Таблица 2 - Некоторые физико-химические показатели озера Каровое, 2011-2013 г.

Показатель	Июнь, 2011 г.	Август, 2011 г.	Июнь, 2012 г.	Август, 2012 г.	Июль, 2013 г.
Средняя t (пов), °С	7,8±0,10 (n ^{**} =2)	12,3±0,12 (n=4)	6,5±0,22, (n=4)	12,3±0,35, (n=3)	17,1
Ср.рН (пов)	7,6±0,01 (n=2)	-	8,40±0,10, (n=2)	8,25, (n=2)	5,7
Ср.О ₂ (пов), % насыщения	75,55(8,9)±0,25 (0,01), (n=2)	-	97,3(11,51)* ±3,70(0,01), (n=2)	96,7 (10,38) n□ 1	(10,25)
Средняя t (дно), °С	6,7±0,20 (n=2)	12,25±0,05 (n=2)	5,9±0,18, (n=2)	12,4±0,17 (n=3)	-
Ср.О ₂ (дно), % насыщения	73,4 (8,92) (n=2)	-	87,25(10,89) ±1,25(0,41), (n=2)	84,8(8,95), (n=1)	-
Ср.рН (дно)	7,7±0,1 (n=2)	-	-	8,36, (n=1)	-

Примечание: * - здесь и ниже в скобках приведена концентрация кислорода в мг/л, n^{**} - количество повторностей.

Таблица 3 - Некоторые физико-химические показатели озера Радужное, 2011-2013 г.

Показатель	Июнь, 2011 г.	Август, 2011 г.	Июнь, 2012 г.	Август, 2012 г.	Июль, 2013 г.
Средняя t (пов), °С	13,5±1,2 (n ^{**} =2)	8,6	12,3±1,35 (n=4)	10,03±0,18 (n=4)	16,6
Ср.рН (пов)	8,3 (n=1)	-	7,77±0,11,(n=3)	7,48	-
Ср.О ₂ (пов), % насыщ.	88,5 (9,45) (n=1)	-	122 (13,0)*	135,5 (15,58)	(10,46)
Средняя t (дно), °С	9,3 (n=1)	7,4	7,7	-	14,4
Ср.О ₂ (дно), % насыщения	76 (8,6) (n=1)	-	95 (11,5)	-	(10,8)
Ср.рН (дно)	7,8 (n=1)	-	-	-	-

Примечание: * - здесь и ниже в скобках приведена концентрация кислорода в мг/л, n^{**} - количество повторностей.

Температура воды в оз. Радужное в июне 2011 и 2012 гг. была выше, чем в августе (2011 - понижение с 13,5°C до 8,6°C; 2012- с 12,3°C до 10,03°C), на дне в 2011 также было отмечено понижение температуры (с 9,3°C до 7,7°C). Величина рН в 2011 и 2012 гг. показывала слабо-щелочную среду. Насыщение воды кислородом в 2012 на поверхности и у дна было больше, чем в 2011. В июле 2013 г. температуры у дна и на поверхности были почти неразличимы и относительно высоки по сравнению с предыдущими показателями. Насыщение воды кислородом также было высоким (табл. 3).

Таблица 4 - Некоторые физико-химические показатели озера Светлое, 2011-2013 г.

Показатель	Июнь, 2011 г.	Август, 2011 г.	Июнь, 2012 г.	Август, 2012 г.	Июль, 2013 г.
Средняя t (пов), °C	15,4±0,05 (n ^{**} =2)	13,8±0,27 (n=5)	12,2±0,77 (n=5)	13,56±0,09 (n=2)	18,4±0,2 (n=5)
Ср.рН (пов)	7,3±0,14 (n=2)	-	7,6 (n=3)	7,58±0,22 (n=2)	7,7±0,18 (n=2)
Ср.О ₂ (пов), % насыщения	81,5 (8,17)±0,3 n=2	-	107,8(12,2)* ±0,35 (n=2)	111,4(11,51) ±0,85 (n=2)	105,75±1,4 (10,3) (n=2)
Средняя t (дно), °C	6,3 (n=1)	6,45±0,25 (n=2)	6,15±0,25 (n=2)	6,25±0,15 (n=2)	7,05±0,45 (n=2)
Ср.О ₂ (дно), % насыщения	58,5(7,2)± 0,65 (n=2)	-	79,45 (9,95) ±2,75 (n=2)	88,35(10,63) ±0,65 (n=2)	75,3±2,1 (8,8) (n=2)
Ср.рН (дно)	7,45±0,05 (n=2)	-	-	7,7±0,09 (n=2)	7,7±0,2 (n=2)

Примечание: * - здесь и ниже в скобках приведена концентрация кислорода в мг/л, n^{**} - количество повторностей.

Самая высокая температура воды в оз. Светлое отмечена в июле 2013, в другие месяцы она варьировала от 12,2°C до 15,4°C. У дна разброс значений температуры за весь период был небольшим – от 6,15°C до 7,05°C. Величина рН во все годы соответствовала слабо-щелочной среде. Насыщение воды кислородом за всё время было высоким, причём у поверхности выше, чем на дне (табл. 4).

Согласно статье [Анищенко и др., 2015], содержание основных ионов в воде озер хребта Ергаки не выходит за пределы, установленные для европейских и гималайских озер, и не превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Концентрации неорганического и общего Р в воде озер хребта Ергаки низки, по общему Р в соответствии с большинством классификаций, приводимых С.П. Китаевым, озера относятся к олиготрофным. Содержание большинства элементов (Cu, Mn, Zn, Cr, Ni, Pb и Cd) находилось в пределах, указанных для растворенных форм ТМ (тяжёлые металлы) в европейских горных озерах.

Горные породы на территории природного парка “Ергаки” представлены гранитами, основные компоненты которых – кварц, плагиоклаз и полевой шпат (в равных количествах составляющие до 90% объема). Кроме гранитов, присутствуют метаморфические сланцы разнообразного минерального состава. Минералы, образующие гранит, состоят из оксида Si, алюмосиликатов Na, Ca и K. Особенность ДО (донные отложения) озер природного парка “Ергаки” – преобладание Fe над основными элементами (K, Na, Ca). К элементам, определяющим состав ДО исследованных озер, относятся (в порядке убывания) Fe, Mg, Ca, K и Mn. Mg и Fe входят в состав роговой обманки и биотита, который содержит многочисленные элементы, в том числе Mn. Содержание ТМ в ДО озер природного парка “Ергаки” в целом не выходит за пределы, установленные для озер Европы, Китая и России, и не превышает международные нормативы, за исключением двух элементов – Cu и Zn в ДО оз. Светлого, где оно превышает пороговые значения, ниже которых отсутствует неблагоприятное воздействие на биоту по некоторым стандартам (US EPA), и соответствует умеренному загрязнению, определенному по результатам исследований морских и пресноводных экосистем. По содержанию ТМ в воде и ДО исследованные озера делятся на две группы: небольшие неглубокие озера Радужное и Каровое и более крупные и глубокие Ойское и Светлое. Это разделение на две группы, вероятно, определяется сходными морфометрическими параметрами озер [Анищенко и др., 2015].

2.2 Методы сбора и обработки проб

Исследования проводили в летнее время в 2011-2013 гг. на озёрах Каровое, Радужное и Светлое. Пробы за 2011-2012 гг. из озёр Каровое, Радужное и Светлое были предоставлены руководителем и мною обработаны. В отборе проб в 2013 г на озёрах Ергак я принимала непосредственное участие. Всего обработано 62 пробы, из них большая часть обработаны лично мною (табл.5).

Пробы зоопланктона в пелагиали отбирали сетью Джели с диаметром входного отверстия 25 см, размером ячеей капронового сита около 80 мкм. На озерах Каровое и Светлое сеть протягивали вертикально от дна до поверхности, на мелководном Радужном - горизонтально, отмечая пройденное расстояние, и вертикально - в самом глубоком месте (3 м). В полевой лаборатории банки фиксировали 4 %-м формалином (10 мл 40 % формалина на 100 мл пробы). Суммарный объем профильтрованной воды составлял 59-735 л. В литорали пробы отбирали ведром объемом 5-10 л, 10-5 ведер воды процеживали через сеть Апштейна с ячейей 80 мкм, при этом объём процежённой воды составлял 50 л. На глубоких станциях параллельно с отбором проб сетью Джели отбирали пробы батометром, объёмом 5,6 л, с каждого метра глубины или с интервалом 1 метр, объёмы воды из батометра последовательно процеживали через сеть Апштейна. Таким образом получали интегральную батометрическую пробу. Эти пробы использовали как повторности при статистической обработке данных.

Камеральную обработку проб проводили стандартным счетным методом [Методика изучения биогеоценозов, 1975; Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений, 1983] в камере Богорова, особей просчитывали во всей пробе или в объеме квоты, взятой штемпель-пипеткой. До 30 экз. каждого вида или более крупной учитываемой систематической группы измеряли с помощью окулярной линейки для получения средних размеров, необходимых для расчета биомассы по стандартным уравнениям связи длины и массы тела [Балушкина, Винберг,

1979]. Определение видов проводили под микроскопом PZO Warszawa (Польша) и флуоресцентным микроскопом Axioskop 40 (CarlZeiss, Германия) с учетом современной систематики [Боруцкий и др., 1991; Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий, 1995; Синева, 2002; Степанова, 2005; Смирнов и др., 2007].

На озере намечали несколько станций отбора проб (рис.1, табл.1). Глубину на пелагических станциях измеряли эхолотом Fishfinder 535 (Humminbird, США) с однолучевым датчиком, прозрачность (S) – белым диском Секки. Координаты определяли датчиком Garmin’s GPS 12 PersonalNavigator. Для измерения температуры, содержания растворенного кислорода, pH использовали pH/кислородометр серии 35632 Oakton (Vernon-Hills, Illinois, USA), температуру также измеряли водным термометром в оправе или электронным термометром Long-StemThermometer, F/C, 8 (фирма Cole-Parmer); pH - портативным pH-метром HI 98103 (HannaInstruments, Маврикий).
Таблица 5 - Количество обработанных сетных проб зоопланктона озер Радужного, Карового и Светлого за 2011-2013 гг.

Озеро	2011				2012				2013	
	июнь		август		июнь		август		июль	
	п*	л*	п	л	п	л	п	л	п	л
Радужное	2	2	2	3	1	3	1	3	1	3
Каровое	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Светлое					4	3	4	3	4	3
Всего проб: 62										

Примечание: * п-пелагиаль, л-литораль.

2.3 Методы анализа материала

Использовали основные структурные показатели зоопланктона – число видов, численность и биомасса общая и по группам. Биомассу рассчитывали по формулам связи длины и массы тела на основе проведённых измерений при обработке проб. Уравнения связи брали из [Балушкина Е.В., Винберг Г.Г., 1979]. Доминантным называли вид, первый в ранжированном ряду численности (доминант по численности) или биомассы (доминант по биомассе) в усреднённой пробе - по станциям литорали и пелагиали в каждую дату для каждого озера.

Зоопланктон озер был сравнен с использованием меры сходства Жаккара [Песенко Ю.А., 1982] по формуле

$$S_{ij} = a/(a+b+c), \quad (1)$$

где a - число общих видов между выбранными совокупностями;

b и c – число уникальных видов для каждой совокупности.

Сапробная оценка вод по [Китаев, 2007] с использованием видов зоопланктона дана по индивидуальным индексам сапробности, взятым из [Wegl R., 1983].

Статистическая обработка заключалась в расчете средних величин и их стандартных ошибок с использованием пакета Microsoft Excel. При статистической обработке руководствовались [Плохинский, 1978]. Дисперсионный анализ проводили аналогично [Экологические исследования водоёмов Красноярского края, 1983] и [Плохинский, 1978]. Кроме того, влияние факторов «биотоп» (литораль, пелагиаль) и «сезон» (июнь – весна; июль, август - лето) на биомассу сетного зоопланктона, а также вариабельность по станциям этих показателей оценивали с помощью двухфакторного и однофакторного дисперсионного анализа. Предварительно проводили нормализацию данных – логарифмирование. Детали поведенных дисперсионных анализов приведены в главе 3.

Глава 3. Результаты и обсуждение

3.1 Видовой состав зоопланктона исследуемых озёр

3.2 Пространственно-временная динамика видового состава и количественных показателей зоопланктона

3.2.1 Анализ пространственно-временной динамики биомассы зоопланктона в исследуемых озёрах

Выводы

В результате, можно сделать следующие выводы:

1. В 2011-13 гг. сетной зоопланктон безрыбных озёр представлен – в оз. Каровом 20 видами (3 - коловраток, 10 - кладоцер, 7 видов и групп копепод), 19 - в Светлом (6 коловраток, 6 кладоцер, 7 видов и групп копепод); в населенном хариусом озере Радужном обнаружено больше видов зоопланктона – 26 (12 коловраток, 10 кладоцер, 4 вида и группы копепод). Сходство видового состава безрыбных озёр выше, чем рыбного и безрыбных озер.

2. Основу биомассы зоопланктона безрыбных озер Карового и Светлого составляют крупноразмерные виды *Acanthodaptomus denticornis* (Copepoda: Calanoida) и *Daphnia longispina* (Cladocera), в Светлом еще и *Cyclops scutifer* (Copepoda: Cyclopoidea), постоянным компонентом планктона является коловратка *Kellicotia longispina*; в рыбном оз. Радужном доминируют мелкоразмерные Cladocera - *Chydorus* cf. *sphaericus*, *Alonella excisa*, виды р. *Alona*, а из крупных - *Holopedium gibberum*, защищенный слизистым чехлом.

3. Во всех озерах весной (в июне) и летом (в июле и августе) биомасса зоопланктона была больше в пелагиали, чем в литорали, за исключением мелководного и проточного оз. Радужного весной, в пелагиали которого кладоцерный зоопланктон развивается позднее. В пелагиали этого озера отмечена наибольшая вариабельность биомассы: от $0,4 \pm 0,2$ до $610,3$ мг/м³ против $4,1 \pm 2,0$ - $665,2 \pm 189,3$ в Каровом и $40,0 \pm 11,4$ - $129,7$ мг/м³ в Светлом. В литорали биомасса варьировала в Радужном от $3,2 \pm 1,7$ до $80,5 \pm 37,6$ мг/м³, в Каровом – от $2,9 \pm 2,4$ до $39,0 \pm 34,3$, в Светлом от $0,3 \pm 0,1$ до $57,5 \pm 32,5$ мг/м³.

4. Межгодовые колебания биомассы зоопланктона были выражены только в оз. Радужном. Во всех трех озерах сезонная динамика биомассы зоопланктона была схожей – максимум биомассы наблюдался в августе или/и в июле. Постепенное возрастание биомассы от июля к августу было выражено в пелагиали Карового, литорали Светлого и Радужного озёр. Высокие биомассы наблюдались в июле в пелагиали Радужного и в литорали Карового. В пелагиали оз. Светлого высокая биомасса была в июне за счёт обитания там циклопа,

копеподиты которого весной дают высокую биомассу, и максимальная наблюдалась в августе.

5. По классификации С.П. Китаева по биомассе зоопланктона исследуемые озера относятся к ультраолиготрофным. Видов с высокой сапробностью, свидетельствующих об органическом загрязнении, не обнаружено. Полученные данные находятся в соответствии с гипотезой о большем видовом разнообразии озер, населенных рыбой, по сравнению с безрыбными.

Список использованных источников

1. Алимов, А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем: учебник / А.Ф. Алимов. – Санкт-Петербург: Наука, - 2000. - 147 с.
2. Алимов, А. Ф. Связь биологического разнообразия в континентальных водоёмах с их морфометрией и минерализацией вод / А. Ф. Алимов // Биология внутренних вод. - 2008. - №1. - с. 3-8.
3. Анищенко, О.В. Морфометрическая характеристика и содержание металлов в воде и донных отложениях горных озёр природного парка «Ергаки» (Западный Саян) / О.В. Анищенко, Л. А. Глущенко, О. П. Дубовская, И. В. Зуев, А. В. Агеев, Е. А. Иванова // Водные ресурсы. – 2015. - том 42. - № 5. - с. 522-535.
4. Аюушсурэн, Ч. Таксономический состав зоопланктона и морфология редких видов в озёрах бассейна УлаагчныХар (Западная Монголия) / Ч. Аюушсурэн, Н.Г. Шевелева, И.В. Аров // Известия Иркутского государственного университета / Серия «Биология. Экология» - 2013. - Т. 6. - № 2. - с. 117–127.
5. Балушкина, Е.В. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных / Е.В. Балушкина, Г.Г. Винберг // В: Общие основы изучения водных экосистем/ Л.: Наука. – 1979. - с. 169-171.
6. Бондаренко, Н.А. Экология и таксономическое разнообразие планктонных водорослей в озёрах горных областей Восточной Сибири: диссертация доктора биологических наук: 03.00.18 / Бондаренко Н.А. - Борок, 2009. - 314 с.
7. Боруцкий, Е.В. Определитель Calanoida пресных вод СССР / Е.В. Боруцкий, Л.А. Степанова, М.С. Кос - СПб: Наука, 1991. - 504 с.
8. Бурмистрова, О. С. Таксономический состав зоопланктона высокогорных озёр Алтая / О. С. Бурмистрова, Н. И. Ермолаева // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее. Материалы международной конференции (Горно-Алтайск, 22-26 сентября 2008 г.). – Горно-Алтайск: РИО ГОУВПО «Горно-Алтайский ГУ», 2008. – с. 51-56.

9. Бурмистрова, О. С. Зоопланктон разнотипных водных экосистем бассейна Верхней Оби: автореф. дис. канд. биол. наук / Бурмистрова О. С. – Новосибирск, 2009.
10. Глущенко, Л.А. Гидробиологический очерк некоторых озер горного хребта Ергаки (Западный Саян) / Глущенко Л.А., Дубовская О.П., Иванова Е.А. и др. // Журнал СФУ. Сер. Биология.- 2009. - Т. 3.- № 2.- с. 355–378.
11. Денисов, Д. Б. Экологические особенности малых ледниковых субарктических озер (Хибинский горный массив, Кольский полуостров) / Д.Б. Денисов, С.А. Валькова, П.М. Терентьев, А.А. Черепанов // Труды Карельского научного центра РАН. - 2015. – № 2. - с. 40–52
12. Дубовская, О.П. Изучение суточной динамики зоопланктона залива Саяно-Шушенского водохранилища с применением дисперсионного анализа / О.П. Дубовская, М.И. Гладышев // Экологические исследования водоемов Красноярского края. - Красноярск: Ин-т физики СО АН СССР. - 1983. - с. 103-110.
13. Ермолаева, Н. И. Некоторые результаты исследования зоопланктона озёр Северного Казахстана / Н. И. Ермолаева // Аридные экосистемы. - 2013. - № 4 (57). - с. 91-103.
14. Заварзин, Д.С. Зоопланктон оз. Сладкое (Северо-Запад о-ва Сахалин) по данным съёмки в июле 2009 г. / Д.С. Заварзин // Чтения памяти Леванидова В.Я.- 2011.- вып.5.
15. Зуйкова, Е. И. Сезонная и межгодовая динамика зоопланктона Телецкого озера / Е. И. Зуйкова // Биология внутренних вод. - 2009. - № 3.- с. 47-60.
16. Зуйкова, Е. И. Характеристика пелагического зоопланктона крупных озёр Тоджинской котловины (бассейн реки Большой Енисей, Тува) / Е. И. Зуйкова // Биология внутренних вод. - 2009. - № 1. - с. 53-61.
17. Зуев, И.В. Потенциальная рыбопродуктивность озера Ойское (хребет Ергаки, Западный Саян) по кормовой базе / И.В. Зуев, О.П. Дубовская, Е.А. Иванова, Л.А. Глущенко, С.П. Шулелина, А.В. Агеев // Сибирский экологический журнал. - 2012. - № 4. - с. 633-644.

18. Итигилова, М.Ц. Видовой состав и количественное распределение зоопланктона оз. Ничатка (Северное Забайкалье) / М.Ц. Итигилова, Н.Г. Шевелева // Известия Иркутского государственного университета, Серия «Биология. Экология». - 2009. - Т. 2 - № 2. с. 8–10.
19. Колмаков, В. И. Научно – технический отчёт о выполнении 4 этапа Государственного контракта № 16.740.11.0484 от 13 мая 2011 г. // Красноярск, 2012.
20. Китаев, С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / С.П. Китаев // Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. - 2007. - 395 с.
21. Косолапов, Д.Б. Распределение планктонных микроорганизмов и беспозвоночных в горном озере в период осенней гомотермии / Д.Б. Косолапов // Биология внутренних вод. - 2007. - № 3. - с. 21-31.
22. Крупа, Е.Г. Структура зоопланктона экологически разнотипных водоемов и водотоков Казахстана: автореф. дисс. докт. биол. наук / Крупа Е.Г.-Республика Казахстан, Алматы, 2010.
23. Крупа, Е. Г. Многолетняя динамика гидробионтов озера Балхаш и её связь с факторами среды / Е. Г. Крупа, В. Н. Цой, Т. Я Лопарева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. - № 2.
24. Матвеев, А. Н. Гидробиологическая характеристика оз. Большой Намаракит (Северное Забайкалье) / А. Н. Матвеев // Известия Иркутского государственного университета, серия «Биология, Экология». - 2008.- Т 1. - № 1. - с. 99-107.
25. Методика изучения биогеоценозов // М.: Наука.- 1975. - 240 с.
26. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий // СПб: Зоол. ин-т РАН. – 1995. - Т. 2. - 628 с.
27. Оценка современного экологического состояния озер Алтайского края по биогеохимическим критериям Леонова Г.А. [Электронный ресурс]: Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения Российской академии наук // Электронный журнал «Исследовано в России». – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/091.pdf> 954

28. Песенко, Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко // М.: Наука. - 1982. - 286 с.
29. Плохинский, Н.А. Математические методы в биологии / Н.А. Плохинский // – М.: МГУ. - 1978. - с. 48-52, 248.
30. РД 52.24.309-2011: Руководящий документ. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. 87 с. (утвержден Росгидрометом 25.10.2-11).
31. Речкалов, В.В. Вертикальное распределение зоопланктона термически стратифицированных озёр Челябинской области / В. В. Речкалов, О. В. Голубок // Вестник Челябинского государственного университета. – 2011. - № 5. – с. 110–124.
32. Рогозин, А.Г. Зоопланктон гипертрофного водоёма на примере озера Табанкуль (Южный Урал): биологическое разнообразие зоопланктона и биология некоторых видов коловраток / А.Г. Рогозин // Известия Челябинского научного центра.- 2006. - вып. 3.- с. 33.
33. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений // Л.: Гидрометеиздат. - 1983. - 239 с.
34. Синев, А.Ю. Ключ для определения ветвистоусых ракообразных рода *Alona* (Anomopoda, Chydoridae) европейской части России и Сибири / А.Ю. Синев // Зоол. журн. 81. - 2002. – с. 926-939.
35. Смирнов, Н.Н. Систематика Cladocera: современное состояние и перспективы развития. В: Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология / Н.Н. Смирнов, Н.М. Коровчинский, А.А. Котов, А.Ю. Синев // (Матер.Всерос. Школы-конференции, ИББВ им. И.Д. Папанина) / Нижний Новгород: Вектор ТиС.- 2007.- с. 5-73.
36. Степанова, Л.А. Новый вид рода *Arctodiaptomus* (Crustacea, Diaptomidae) из Западной Сибири / Л.А. Степанова // Зоол. журн. 84. - 2005. – с. 1416-1420.
37. Столбунова, В.Н. Зоопланктон озера Плещеево: диссертация кандидата биологических наук: 03.00.18 / Столбунова В.Н. – Борок, 2006 - 180 с.

38. Тимирханов, С.Р. Современная гидрофауна озера Большое Алматинское / С.Р.Тимирханов, В.Е. Карпов, М.В. Шаповалов, В.А.Киселева, Д.А. Смирнова // Вестник КазНУ. Серия биологическая. - №4 (50).- 2011. - с. 111-116.
39. Шабурова, Н. И. Фауна, экология, и биология коловраток и низших ракообразных малых озёр Байкало-Ленского: автореф. дисс. канд. биол. наук / Шабурова Н. И. – Иркутск, 2011.
40. Шабурова, Н.И. Сезонные изменения разнообразия и количественных показателей зоопланктона в озере Изумрудное (Западный макросклон Байкальского хребта) / Н.И. Шабурова // Байкальский зоологический журнал.- № 2.- 2015.
41. Anneville, O. Seasonal and interannual variability of cladoceran communities in two peri-alpine lakes: uncoupled response to the 2003 heat wave / O. Anneville , J. C. Molinero, S. Soussi, D. Gerdeaux // Journal of plankton research. – 2010. – с. 913–925.
42. Dodson S. Predicting Crustacean Zooplankton Species Richness / S. Dodson // Limnology and Oceanography. - Vol. 37. - № 4.- 1992.
43. Fefilova, E.B. Micro-benthic crustacean communities in tundra lakes of North-East European Russia / E.B. Fefilova, O.A. Loskutova // Aquatic ecology. – 2008. - № 42.
44. Gliwicz, Z. Between hazards of starvation and risk of predation: the ecology of offshore animals / Z. Gliwicz // Oldendorf/Luhe (Germany): Intern. Ecol. Institute.- 2003.- 373 p.
45. Holzapfel Angela, M. Environmental warming increases invasion potential of alpine lake communities by imported species Global Change Biology / Holzapfel, Angela M. Vinebrooke Rolf D. // 2005.- 11.- с. 2009–2015.
46. Nevalainen, L. Intra-lake heterogeneity of sedimentary cladoceran (Crustacea) assemblages forced by local hydrology / L. Nevalainen // Hydrobiologia. – 2011. – с. 9-22.

47. O'Brien, W. J. Physical, chemical, and biotic effects on arctic zooplankton communities and diversity / W. J. O'Brien, M. Barfield, N. D. Bettez, G. M. Gettel // *Limnology and Oceanography*.- 49 (4, part 2).- 2004 - c. 1250-1261.
48. Rainer, M. M. Zooplankton (Cladocera) species turnover and long-term decline of *Daphnia* in two high mountain lakes in the Austrian Alps / M. M. Rainer, A. Koinig // *Hydrobiology*. – 2014.
49. Rautio, M. Community structure of crustacean zooplankton in subarctic ponds - effects of altitude and physical heterogeneity / M. Rautio // *Ecography* 21.- 1998. – c. 327-335.
50. Sommaruga, R. Preferential accumulation of carotenoids rather than of mycosporine-like amino acids in copepods from high altitude Himalayan lakes/ R. Sommaruga // *Hydrobiologia*. - 2010. – c. 143–156.
51. Strecker, L. Effects of experimental greenhouse warming on phytoplankton and zooplankton communities in fishless alpine ponds / A.L. Strecker, T.P. Cobb, R.D. Vinebrooke // *Limnol. Oceanog.*49. – 2004. – c.1182-1190.
52. Syuhei, B. Annual variation in biomass and the community structure of crustacean zooplankton over 5 years in Lake Toya, Japan / B. Syuhei, M. Wataru, H. Hiroyuki // *Limnology*.- № 14. -2013.
53. Wegl, R. Index fur die Limnosaprobitat / R. Wegl // 1983. - P. 128-173.

