

## ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ДОННЫХ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

© 2020 г. Д. М. Безматерных<sup>а</sup>, \*, О. Н. Вдовина<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Алтайский край, Россия

\*e-mail: bezmater@iwep.ru

Поступила в редакцию 19.10.2016 г.

После доработки 28.03.2019 г.

Принята к публикации 09.04.2019 г.

Рассмотрена трофическая структура сообществ донных макробеспозвоночных озер различного уровня минерализации юга Обь-Иртышского междуречья – от олигогалинных до гипергалинных. В 48 изученных озерах выявлено 4 трофические группы макробеспозвоночных: 1) хищники; 2) размельчители; 3) соскребатели; 4) собиратели-детритофаги и факультативные фильтраторы. Показано, что при увеличении солености озерных вод меняется доля различных трофических групп в таксономическом составе и биомассе сообществ макробеспозвоночных.

*Ключевые слова:* донные макробеспозвоночные, трофическая структура, соленость, озера

DOI: 10.31857/S0320965220010039

### ВВЕДЕНИЕ

Пищевые цепи – один из ведущих показателей функционирования экосистем в условиях действия различных факторов. Трофическая структура сообществ донных макробеспозвоночных может служить чувствительным индикатором состояния водных экосистем. Основная часть макробеспозвоночных в озерах относится к экологической группировке макрозообентоса. В трофической классификации организмов зообентоса учитывают способ питания и преобладающий состав потребляемой пищи (Яковлев, 2005). Наиболее известной на сегодня считается разработанная для рек классификация Камминза (Cummins, 1973) актуальная и в настоящее время (Merritt et al., 2008, 2017). Более подробную классификацию для бентосных и нектобентосных организмов водных объектов северной Фенноскандии предложил Яковлев (2000), который выделил шесть трофических групп: 1) грунтозаглатыватели; 2) собиратели детритофаги и факультативные фильтраторы; 3) облигатные собиратели-фильтраторы; 4) соскребатели; 5) размельчители; 6) активные хищники. В России эта система используется и на других озерных системах (Батурина и др., 2014).

К числу наиболее важных факторов, определяющих трофическую структуру сообществ водных беспозвоночных, относится минерализация воды (Cooper, Wissel, 2012). Величина минерализации оказывает существенное влияние на состав,

структуру и обилие озерных биоценозов (Hammer, 1986; Williams, 1998), в том числе и на юге Обь-Иртышского междуречья (Благовидова, 1973; Жукова, Безматерных, 2013; Опыт комплексного..., 1982; Bezmaternykh, Zhukova, 2013; Kirpianova et al., 2007). Однако работ по выявлению трофической структуры сообществ макробеспозвоночных в озерах разной степени минерализации этого региона ранее не проводили.

Цель работы – анализ трофической структуры сообществ донных макробеспозвоночных в озерах различного уровня минерализации юга Обь-Иртышского междуречья.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2003–2011 гг. в рамках комплексных лимнологических экспедиций исследованы сообщества макробеспозвоночных в озерах юга Обь-Иртышского междуречья. Изученные озера находятся на юге Западной Сибири, в пределах Алтайского края и Новосибирской обл. Общая минерализация вод изученных озер 0.33–140 г/дм<sup>3</sup> (табл. 1). По составу и структуре сообществ макробеспозвоночных изученные озера делятся на 4 группы: олигогалинные (минерализация воды <1.2 г/дм<sup>3</sup>), субгалинные (1.2–5.0), гипогалинные (5.0–20.0), мезо- и гипергалинные (20–140) (Вдовина, Безматерных, 2015). За основу предложенной классификации взята система Хаммера (Hammer, 1986).

**Таблица 1.** Число отобранных проб в четырех группах озер разного уровня минерализации, выделенных по составу и структуре из 48 сообществ макробеспозвоночных на юге Обь-Иртышского междуречья (2003–2011 гг.)

Группа озер разного уровня минерализации	Проба		Всего
	количественная	качественная	
I. Олигогалинные Астроным, Батовое, Большое, Бол. Островное, Бол. Пустынное, Верхнее, Гусиное, Кривое (бассейн р. Карасук), Кусган, Ледорезное, Мал. Топольное, Мелкое, Мельничное, Нижнее, Прыганское, Титово, Хомутиное	146	28	174
II. Субгалинные Бол. Горькое, Дуненок, Кабанье, Каменное, Котленок, Кривое (бассейн р. Кулунда), Кротово, Лена, Мал. Горькое (бассейн р. Карасук), Мостовое, Песчаное, Студеное, Угловое, Фадиха, Хорошее, Чаган, Чернаково, Шкалово, Широкая Курья	165	33	198
III. Гипогалинные Абушкан, Бол. Топольное, Горькое (бассейн р. Касмала), Горькое (Причановская группа), Илюбайсор, Кривое (бассейн р. Бурла), Фатеево	28	10	38
IV. Мезо- и гипергалинные Кулундинское, Левое Поляново, Людкино, Пресное, Чебаклы	32	5	37
Всего	371	76	447

Всего исследовано 48 озер. Параллельно получены гидрохимические данные (Долматова, Котовщиков, 2013; Кириллов и др., 2008, 2009, 2010).

Район исследований расположен в условиях континентального климата на территории Западно-Сибирской низменности в пределах двух физико-географических зон: степной и лесостепной (Поползин, 1967; Савченко, 1997). Озера этого региона различаются размерами, типом питания, минерализацией вод. Общее свойство изученных озер – их мелководность, наличие мягких грунтов, многолетняя изменчивость водного режима. На многих озерах ведется промысел водных биоресурсов (Водоемы..., 1999). Более подробно методы и условия отбора проб, а также таксономический состав и структура сообществ макробеспозвоночных охарактеризованы в предыдущих работах (Вдовина, Безматерных, 2015; Vdovina, Bezmaternykh, 2016).

Материал для исследований отбирали и обрабатывали по стандартным гидробиологическим методикам (Руководство..., 1992): качественные сборы проводили сачком или скребком, количественные – дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.025 м<sup>2</sup> или штанговым дночерпателем ГР 91 с площадью захвата 0.007 м<sup>2</sup>. Было отбрано и проанализировано 371 и 76 количественных и качественных проб соответственно. Отношение видов макробеспозвоночных в каждой трофической группе определяли по классификации Яковлева (2005), с уточнением Емельяновой (1994), Монакову (1998), Прокину (2008),

Silina, Prokin (2008), Цихон-Луканиной (1987), Nadicke et al., (2017). Для оценки связи показателей сообществ донных беспозвоночных с экологическими факторами использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Сходство видового состава сообществ различных озер оценивали с помощью кластерного анализа по методу Варда (Электронный учебник..., 2012).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С учетом преобладающего типа питания в исследованных озерах выделено четыре основных трофических группы гидробионтов: собиратели-детритофаги и факультативные фильтраторы (далее – собиратели-детритофаги), соскребаты, размельчители, хищники.

**Таксономический состав.** Наибольшим таксономическим разнообразием в сообществах макробеспозвоночных исследованных озер отличались собиратели-детритофаги, поедающие детрит на поверхности грунта. Эта группа включала 66 видов беспозвоночных; представлена брюхоногими моллюсками, личинками двукрылых семейств Chironomidae и Stratiomyidae, поденками из сем. Caenidae, а также фитодетритофагами из сем. Naididae.

В следующей по разнообразию (45 видов) группе хищников преобладали пиявки, личинки стрекоз, клопы семейств Corixidae, Gerridae, Nepidae и Notonectidae, жуки сем. Dytiscidae, личинки двукрылых семейств Chaoboridae и Ceratopogonidae. Отмечены хищные личинки ручей-

ников сем. Polycentropodidae, хирономид подсем. Tanypodinae и рода *Cryptochironomus*, жуки сем. Hydrophilidae. Хищников разделяли на активно охотящихся за жертвой (пиявки, водные жуки, хирономиды, хаобориды), сидящих в засаде (стрекозы, клопы), а также использующих сети и ловушки наряду с активным захватом жертвы (личинки ручейников сем. Polycentropodidae).

В группу размельчителей (18 видов) вошли брюхоногие моллюски рода *Lymnaea*, ручейники из семейств Limnephilidae и Phryganeidae, хирономиды рода *Cricotopus*, двукрылые сем. Tipulidae, фитофильные жуки семейств Chrysomelidae и Haliplidae.

Видовой состав соскребателей включал два вида семейств Molannidae и Dryopidae.

Часть выявленных видов можно отнести как к соскребателям, так и к размельчителям — это личинки ручейников сем. Leptoceridae и *Gammarus lacustris* Sars. Подобная ситуация характерна для представителей отр. Lepidoptera, которые принадлежат к собирателям — облигатным фильтраторам и соскребателям. Не вошли в анализ личинки семейств Dolichopodidae и Scathophagidae, которые не удалось идентифицировать до вида и всеядные личинки сем. Tabanidae.

Более детальное рассмотрение полученных данных позволило выявить характер изменчивости трофической структуры видового состава в зависимости от уровня минерализации вод. В олиго- и субгалинных озерах отмечены все выделенные трофические группы. Наиболее многочисленны собиратели-детритофаги (46 и 44% соответственно), далее по числу видов следовали хищники (40 и 39%), размельчители (13 и 12%) и соскребатели (1 и 5%). С увеличением минерализации воды (в гипогалинных озерах) снижалась доля собирателей-детритофагов (35%), увеличивалась доля хищников (49%) и размельчителей (16%), исчезла группа соскребателей. В мезо- и гипергалинных снизилась доля хищников (30%) и увеличилась доля размельчителей (30%). Доля собирателей-детритофагов достигала 40%.

Трофический спектр видового состава макробеспозвоночных в пределах групп различного уровня минерализации изменялся в зависимости от типа грунта (рис. 1). На илистых грунтах в олигогалинных озерах доминировали собиратели-детритофаги (45%), субдоминировали хищники (40%), далее по количеству видов следовали размельчители (15%). На песчаных грунтах донных беспозвоночных в основном представляли собиратели-детритофаги (64%), далее шли хищники (22%), размельчители (7%) и соскребатели (7%). В субгалинных озерах собиратели-детритофаги доминировали на обоих типах грунта. При переходе от илистых к песчаным грунтам доля размельчителей увеличивалась, хищников — умень-

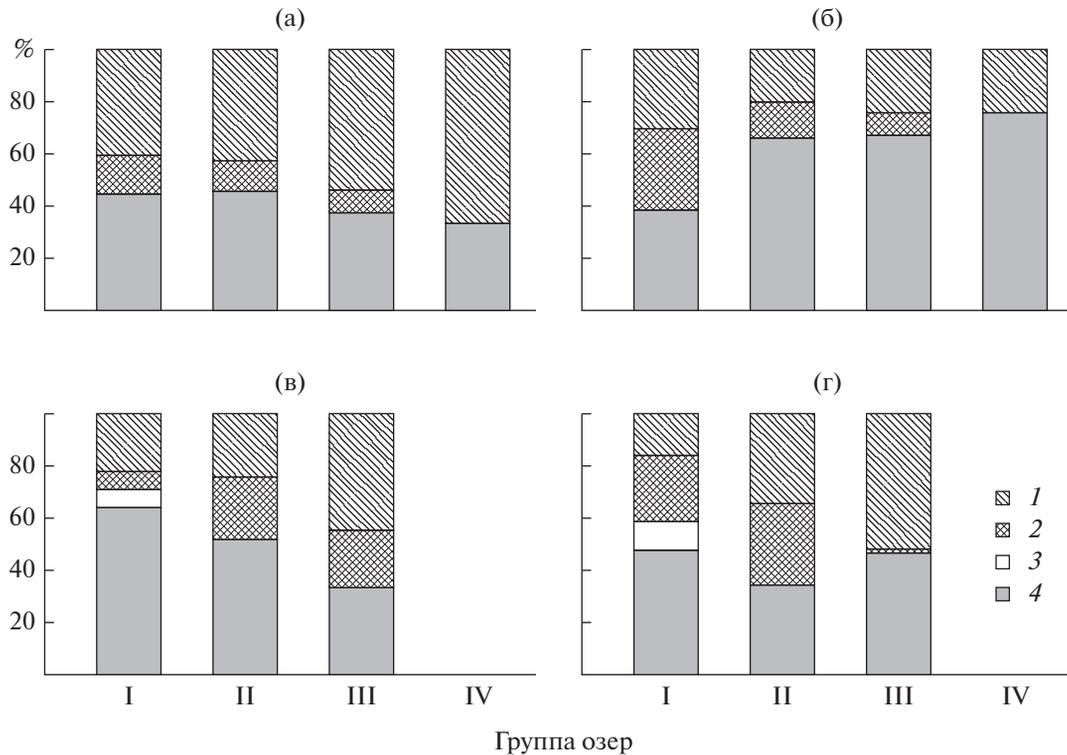
шалась. В более минерализованных гипогалинных озерах, как и в предыдущей группе озер, наблюдалось снижение доли хищников и повышение — размельчителей.

Илистые грунты представлены в озерах всех уровней минерализации. Очень близки по соотношению основных трофических групп зообентоса были олиго- и субгалинные озера (рис. 1а). В этих группах озер преобладали собиратели-детритофаги (45 и 46% соответственно), далее по числу видов следовали хищники (40 и 42% соответственно), незначительно различались доли размельчителей (15 и 12%). В гипогалинных озерах отмечена меньшая доля видов собирателей-детритофагов (37.5%) и большая — хищников (54%). В озерах с более высокой минерализацией вод (мезо- и гипергалинные озера) отсутствовали размельчители, доминировали хищники (66%), субдоминировали собиратели-детритофаги (34%). Следовательно, на илистых грунтах при повышении минерализации вод постепенно снижалась доля собирателей-детритофагов и увеличивалась доля хищников.

Несколько иначе представлен трофический спектр видового состава донных беспозвоночных на песчаных грунтах (рис. 1в). Здесь также при увеличении минерализации снижалась доля собирателей-детритофагов (с 64 до 33%), возрастало количество хищников (с 22 до 45%). С увеличением минерализации увеличивалась роль размельчителей. В мезо- и гипергалинных озерах данный тип грунта отсутствовал.

**Общая биомасса.** На илистых грунтах по биомассе доминировали собиратели-детритофаги, их доля в различных по минерализации озерах изменялась от 39 до 77% общей биомассы макробеспозвоночных (рис. 1б). В олигогалинных озерах богатая по видовому составу группа собирателей-детритофагов в количественном отношении находилась почти на одном уровне с размельчителями и хищниками. С увеличением минерализации (суб- и гипогалинные озера) по биомассе преобладали собиратели-детритофаги (по 67%), количество хищников и размельчителей снижалось. В озерах с более высокой минерализацией вод (мезо- и гипергалинные озера) доминировали собиратели-детритофаги (77%), на долю хищников приходилось 23%, размельчители отсутствовали.

На песках также отмечена тенденция увеличения доли хищников при повышении солёности вод, биомасса собирателей-детритофагов в различных по минерализации озерах изменялась незначительно (35–48% общей биомассы). В олигогалинных озерах преобладали собиратели-детритофаги (48%), субдоминировали размельчители (25%) (рис. 1г). В суб- и гипогалинных озерах соотношение собирателей-детритофагов и хищников было фактически одинаковым. Биомасса раз-

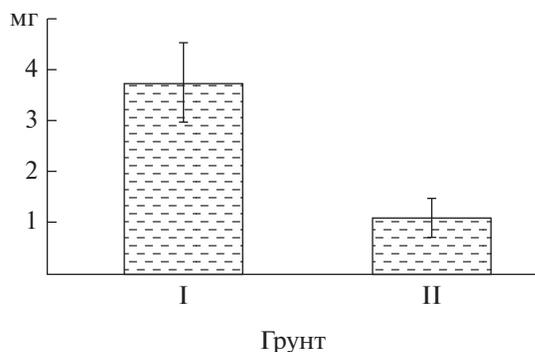


**Рис. 1.** Доли трофических групп в видовом составе (а, в) и общей биомассе (б, г) сообществ макробеспозвоночных исследованных озер с разным уровнем минерализации на илистых (а, б) и песчаных грунтах (в, г). I–IV см. табл. 1; 1 – хищники, 2 – измельчители, 3 – соскребатели, 4 – собиратели-детритофаги.

мельчителей незначительно колебалась в олиго- и субгалинных озерах (25–30%), с увеличением минерализации их доля снижалась до 2% общей биомассы зообентоса. Соскребатели присутствовали только в олигогалинных озерах.

**Индивидуальная масса организмов.** С трофической структурой сообществ тесно связаны средние размерные характеристики, входящих в них организмов. Известно, что минерализация вод оказывает существенное влияние не только на

разнообразие, но и на рост и развитие гидробионтов (Хлебович, 1974). Анализ влияния фактора минерализации вод на размерные характеристики макрозообентоса озер (общей выборки по всем озерам, а также группированной по типам грунтов) не позволил установить статистически значимых зависимостей (низкая достоверность аппроксимации полученных функций  $R^2 < 0.3$  и коэффициент корреляции Спирмена  $r < 0.5$  при уровне достоверности  $p > 0.5$ ). При этом средняя индивидуальная масса бентосных организмов на различных типах грунта достоверно различалась: на илах она была значительно больше, чем на песках (рис. 2). Таким образом, размерные характеристики макробеспозвоночных бентоса в основном определяются типом грунта, а не минерализацией вод.



**Рис. 2.** Средняя индивидуальная масса макробеспозвоночных на илистых (I) и песчаных (II) грунтах исследованных озер.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В исследованных озерах, в соответствии с классификацией Яковлева (2005), представлены все трофические группы, за исключением группы грунтозаглатывателей, в которую в основном входят представители различных семейств класса Oligochaeta. Характерная черта озер юга Обь-Иртышского междуречья – низкое разнообразие олигохет (Bezmaternykh, Zhukova, 2013). По-види-

тому, это связано с негативным воздействием на олигохет повышенной минерализации вод, отмеченным для других озер и озерных систем (Экология..., 1986; Wolfram et al., 1999). Для трофической структуры донных макробеспозвоночных изученных озер характерно доминирование по видовому составу группы собирателей-детритофагов и субдоминирование хищников. Преобладание группы собирателей-детритофагов в зообентосе выявлено рядом исследователей для озер (Батурина и др., 2014; Курашов, 1994; Яковлев, 2000, 2005) и рек (Зинченко и др., 2010). Максимальный вклад в общую биомассу на илистых грунтах вносят собиратели-детритофаги, на песчаных – собиратели-детритофаги и хищники, что характерно для небольших озер  $\leq 0.5 \text{ км}^2$  (Яковлев, 2005).

Проведенный кластерный анализ показал, что наибольшее сходство трофической структуры сообществ макробеспозвоночных отмечено между пресноводными олиго- и субгалинными озерами, ниже – с гипогалинными озерами, а наименьшее – с наиболее солеными мезо- и гипергалинными озерами (рис. 3). Ранее отмечено значительное сходство фаун озер различного уровня минерализации, связанное с тем, что большинство обитающих в них видов относится к экологически пластичным эврибионтам (Specziar, Biro, 1998).

В изученных пресных и солоноватых озерах большая часть видов приходилась на долю собирателей-детритофагов, в основном представленных комарами-звонцами. Основную массу хищников составили пиявки, стрекозы и клопы, большая часть размельчителей относилась к моллюскам и ручейникам, группу соскребателей, в основном, образовывали ручейники и жуки. С увеличением минерализации вод снижалось количество таксонов и менялся состав трофических групп. Среди соскребателей-детритофагов преобладали хирономиды, хищников представляли стрекозы и клопы, большая часть размельчителей приходилась на брюхоногих моллюсков, группа соскребателей отсутствовала. При минерализации  $>25 \text{ г/л}$  все трофические группы представляли только беспозвоночные из отряда двукрылых. Ранее отмечено отсутствие в макрозообентосе мезо- и гипергалинных озер Обь-Иртышского междуречья каких-либо таксонов, кроме двукрылых (Жукова, Безматерных, 2013). Хотя имеются сведения (Rawson, Moore, 1944) об отдельных представителях семейств жесткокрылых и клопов, имеющих широкий диапазон обитания при солености  $\leq 118 \text{ г/л}$ . Большинство видов семейств жесткокрылых Hydraenidae, Dytiscidae и Hydrophilidae обитают в диапазоне солености до  $\leq 100 \text{ г/л}$ ; Corixidae: типичные представители солоноватых и соленых вод, отмечены при солености 3.5–134 г/л (Barahona et al., 2005).

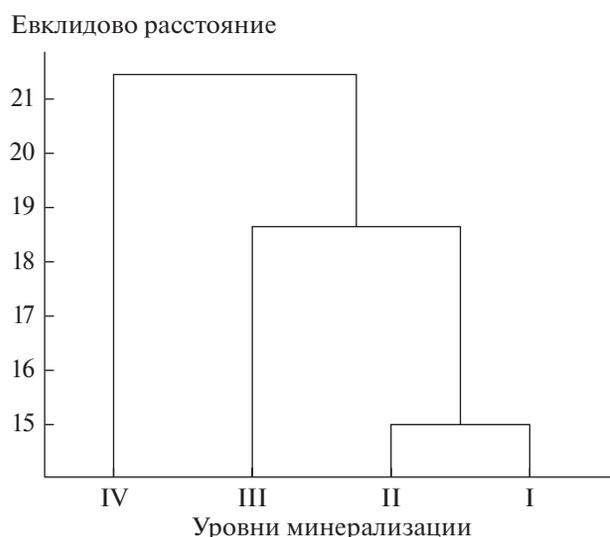


Рис. 3. Результаты кластерного анализа трофического спектра видового состава макробеспозвоночных озер разного уровня минерализации (по всем типам грунтов). Обозначения, см. в табл. 1.

Показано (Беляков, Скворцов, 1994; Вдовина, Безматерных, 2015), что количественное развитие и состав донных беспозвоночных в конкретных биотопах озер зависят в первую очередь от локальных условий, главным образом от грунта. В исследованных озерах независимо от минерализации вод и на илистых, и на песчаных грунтах максимальный вклад в биомассу вносили собиратели-детритофаги. Никитенко (2014) также отмечено доминирование этой группы на биотопах ила и песка. Остальные трофические группы при увеличении минерализации вод на различных грунтах представлены по-разному. На илах доля видов размельчителей и биомасса снижались, на песках количество видов возрастало. Группа соскребателей присутствовала только в олигогалинных озерах. Видовое разнообразие хищников увеличивалось при повышении солености воды на илистых и на песчаных грунтах по сравнению с другими группами, их доля в биомассе сообществ была меньше на песчаных грунтах, чем на илистых. Сходная тенденция отмечена Яковлевым (2005) в пресноводных озерах северной Фенноскандии. Увеличение роли хищников при возрастании минерализации вод связано с гидрологическими и гидрохимическими характеристиками исследованных озер. Большинство исследованных озер с высоким уровнем минерализации бессточные. Возрастание доли хищников в таких озерах связано со скудностью высшей водной растительности в результате высыхания литорали, а также с уменьшением нагрузки со стороны бентосоядных рыб (Яковлев, 2005).

В озерах Обь-Иртышского междуречья, в отличие от эстуариев (Удалов и др., 2004), с понижением солености воды не наблюдается уменьшения среднего размера (средней индивидуальной массы) макробеспозвоночных. Это, по-видимому, обусловлено присутствием эвригалинных видов и отсутствием в изученных озерах истинных галофилов – видов, которые могут реагировать на опреснение уменьшением индивидуальной массы особей, поскольку для них это неблагоприятные условия, негативно влияющие на водно-солевой обмен (Хлебович, 1974).

**Выводы.** В исследованных озерах различного уровня минерализации выявлены четыре основные трофические группы донных макробеспозвоночных, по видовому составу доминировала группа собирателей-детритофагов, субдоминировала группа хищников. Олиго- и субгалинные озера наиболее близки по трофическому спектру макробеспозвоночных относительно других озер, а мезо- и гипергалинные озера – наиболее отличаются от прочих. На илистых грунтах при повышении минерализации вод постепенно снижалась доля собирателей-детритофагов и увеличивалась доля хищников. На песчаных грунтах доля хищников в видовом составе была ниже, чем на илистых. По биомассе на илистых грунтах озер всех уровней минерализации доминировали собиратели-детритофаги, доля хищников в биомассе сообществ донных макробеспозвоночных последовательно уменьшалась от олигогалинных до мезо-гипергалинных озер. На песчаных грунтах максимальная доля хищников в биомассе отмечена в субгалинных и гипогалинных озерах, где они доминировали наравне с собирателями-детритофагами. Средняя индивидуальная биомасса макробеспозвоночных в изученных озерах в основном определялась не минерализацией вод, а типом грунта.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории водной экологии и Центра водно-экспедиционных исследований Института водных и экологических проблем СО РАН за помощь в сборе и анализе материала.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках темы госзадания (регистрационный номер АААА-А17-117041210244-5).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Батурина М.А., Лоскутова О.А., Шанов В.М. 2014. Структура и распределение зообентоса озер Харбейской системы // J. Sib. Fed. Univ., Biol. V. 7. P. 332.

Беляков В.П., Скворцов В.В. 1994. Макро- и мейобентос, их продукция // Особенности структуры экоси-

стем озер Крайнего Севера (на примере озер Большеземельской тундры). Санкт-Петербург: Наука.

Благовидова Л.А. 1973. Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири // Гидробиол. ж. Т. 9. № 1. С. 55.

Вдовина О.Н., Безматерных Д.М. 2015. Фауна водных макробеспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. № 3. С. 46.

Водоемы Алтайского края. 1999. Новосибирск: Наука.

Гусаков В.А. 2007. Мейобентос Рыбинского водохранилища. Москва: Товарищество научных изданий КМК.

Долматова Л.А., Котовицков А.В. 2013. Оценка экологического состояния озер Новосибирской области по химическому составу воды и пигментным характеристикам фитопланктона // Вода: химия и экология. № 7. С. 28.

Емельянова Л.В. 1994. Гаммариды литорали днепровских водохранилищ. Киев: Наукова думка.

Жукова О.Н., Безматерных Д.М. 2013. Минерализация как фактор формирования зообентоса озер юга Обь-Иртышского междуречья // Тр. Зоол. ин-та РАН. Прил. № 3. С. 120.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Выхристюк Л.А., Шитиков В.К. 2010. Разнообразие и структура сообществ макрозообентоса высокоминерализованной р. Хара (Приэльтонье) // Поволжский экологический журнал. № 1. С. 14.

Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Зарубина Е.Ю. и др. 2008. Состав и структура экосистем степных озер Алтайского края в 2008 г. // Наука – Алтайскому краю. Барнаул: Изд-во Азбука. Вып. 2. С. 237.

Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Безматерных Д.М. и др. 2009. Сравнительный анализ экосистем разнотипных озер Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока // Наука – Алтайскому краю. Барнаул: Изд-во Азбука. Вып. 3. С. 311.

Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Котовицков А.В. и др. 2010. Состав и структура водных экосистем бассейна реки Бурлы в 2010 году // Наука – Алтайскому краю. Барнаул: Изд-во Алтайский дом печати. Вып. 4. С. 239.

Курашов Е.А. 1994. Мейобентос как компонент озерной системы. Санкт-Петербург: Алга-фонд.

Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. Москва: Институт проблем экологии и эволюции РАН.

Никитенко Е.В. 2014. Макрозообентос водоемов долины Восточного Маньчжа: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок.

Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. 1982. Новосибирск: Наука.

Поползин А.Г. 1967. Озера Обь-Иртышского бассейна (Зональная комплексная характеристика). Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во.

Прокин А.А. 2008. Водные жесткокрылые (Coleoptera) малых рек Европейской части России: разнообразие, биоценологическая и индикационная роль // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: Лекции и матер. докл. Всерос. шк.-конф. Борок, 18–21 ноября. Ярославль. С. 38.

- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат.
- Савченко Н.В. 1997. Озера южных равнин Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН.
- Удалов А.А., Бурковский И.В., Мокиевский В.О. и др. 2004. Изменение основных характеристик микро-, мейо- и макробентоса по градиенту солености в эстуарии Белого моря // Океанология. Т. 44. № 4. С. 549.
- Хлебович В.В. 1974. Критическая соленость биологических процессов. Ленинград: Наука.
- Цихон-Луканина Е.А. 1987. Трофология водных моллюсков. Москва: Наука.
- Экология озера Чаны. 1986. Новосибирск: Наука.
- Электронный учебник по статистике. 2012. <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>
- Яковлев В.А. 2000. Трофическая структура зообентоса – показатель состояния водных экосистем и качества воды // Водные ресурсы. Т. 27. № 2. С. 237.
- Яковлев В.А. 2005. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд-во Кольск. науч. центра РАН. Ч. 2.
- Barahona J., Millon A., Velasco J. 2005. Population dynamics, growth and production of *Sigara selecta* (Fieber, 1848) (Hemiptera, Corixidae) in a Mediterranean hypersaline stream // Freshwater Biol. V. 50. P. 2101.
- Bezmaternykh D.M., Zhukova O.N. 2013. Composition, structure and factors of formation of communities of benthic invertebrates in lakes of the South of the Ob-Irtysh interfluvium // Russ. J. Ecol. V. 44. № 2. P. 170. <https://doi.org/10.1134/S1067413613020057>
- Cooper R.N., Wissel B. 2012. Interactive effects of chemical and biological controls on food-web composition in saline prairie lakes // Aquat. Biosyst. V. 8. № 29. P. 1. <https://doi.org/10.1186/2046-9063-8-29>
- Cummins K.W. 1973. Trophic relation in aquatic insects // Ann. Rev. Entomol. V. 8. P. 183.
- Hädicke C., Rebet D., Kment P. 2017. The diversity of feeding habits recorded for water boatmen (Heteroptera: Corixidae) world-wide with implications for evaluating information on the diet of aquatic insects // Eur. J. Entomol. V. 114. P. 147. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.020>
- Hammer U.T. 1986. Saline Lake Ecosystems of the World. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers.
- Kipriyanova L.M., Yermolaeva N.I., Bezmaternykh D.M. et al. 2007. Changes in the biota of Chany Lake along a salinity gradient // Hydrobiologia. V. 576. № 1. P. 83. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0295-9>
- Merritt R.W., Cummins K.W., Berg M.B. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque: Kendall Hunt Publishing.
- Merritt R.W., Cummins K.W., Berg M.B. 2017. Trophic Relationships of Macroinvertebrates // Methods in Stream Ecology. V. 1. Ecosystem Structure. Cambridge: Academic Press. P. 413.
- Rawson D.S., Moore J.E. 1944. The saline lakes of Saskatchewan // Can. J. Res. D. V. 22. P. 141.
- Silina A.E., Prokin A.A. 2008. The trophic structure of macrozoobenthos in marsh waterbodies of the forest-steppe zone in the Middle Russian Hills // Inland Water Biology. V. 1. № 3. P. 231. <https://doi.org/10.1134/S199508290803006>
- Specziar A., Biro P. 1998. Spatial distribution and short-term changes of benthic macrofauna in Lake Balaton (Hungary) // Hydrobiologia. V. 389. P. 203.
- Timm H., Mols T. 2005. Macrozoobenthos of Lake Verevi // Hydrobiologia. V. 547. P. 185. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-4159-5>
- Vdovina O.N., Bezmaternykh D.M. 2016. Peculiarities of Macrozoobenthos in Lakes of Different Mineralization of the Southern Section of the Ob-Irtysh Interfluvium // Hydrobiological J. V. 52. № 3. P. 65. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v52.i3.60>
- Williams W.D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // Hydrobiologia. V. 381. P. 191.
- Wolfram G., Donabaum K., Schagerl M., Kowarc V. 1999. The zoobenthic community of shallow salt pans in Austria – preliminary results on phenology and the impact of salinity on benthic invertebrates // Hydrobiologia. V. 408/409. P. 193.

## Trophic Structure of Benthic Macroinvertebrate Communities from Lakes with Different Salinity in the Southern Ob-Irtysh Interfluvium

D. M. Bezmaternykh<sup>1, \*</sup> and O. N. Vdovina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Water and Environmental Problems Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Barnaul, Altai Krai, Russia

\*e-mail: bezmater@iwep.ru

The trophic structure of benthic macroinvertebrate communities from lakes with different salinity (from oligohaline to hyperhaline ones) in the southern Ob-Irtysh interfluvium was investigated. In 48 studied lakes, four trophic groups of macroinvertebrates were identified: 1) predators; 2) grinders; 3) scrapers; 4) collectors-detritus consumers and facultative filter feeders. It was found that the proportion of different trophic groups in taxonomic composition and biomass of macroinvertebrate communities changes with increasing water salinity in lakes.

**Keywords:** bottom macroinvertebrates, trophic structure, salinity, lakes