

УДК 574.587:57.044

*О. Н. Вдовина, Д. М. Безматерных***ОСОБЕННОСТИ МАКРОЗООБЕНТОСА ОЗЕР
РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ЮГА
ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

В 2007—2011 гг. исследованы состав и структура сообществ донных беспозвоночных в 41 озере юга Обь-Иртышского междуречья. Донная фауна включает 170 видов из восьми классов, максимальное количество видов относилось к насекомым, среди них наибольшим видовым богатством отличались двукрылые. Показаны особенности макрозообентоса озер с различным уровнем минерализации — от олигогалинных до гипергалинных.

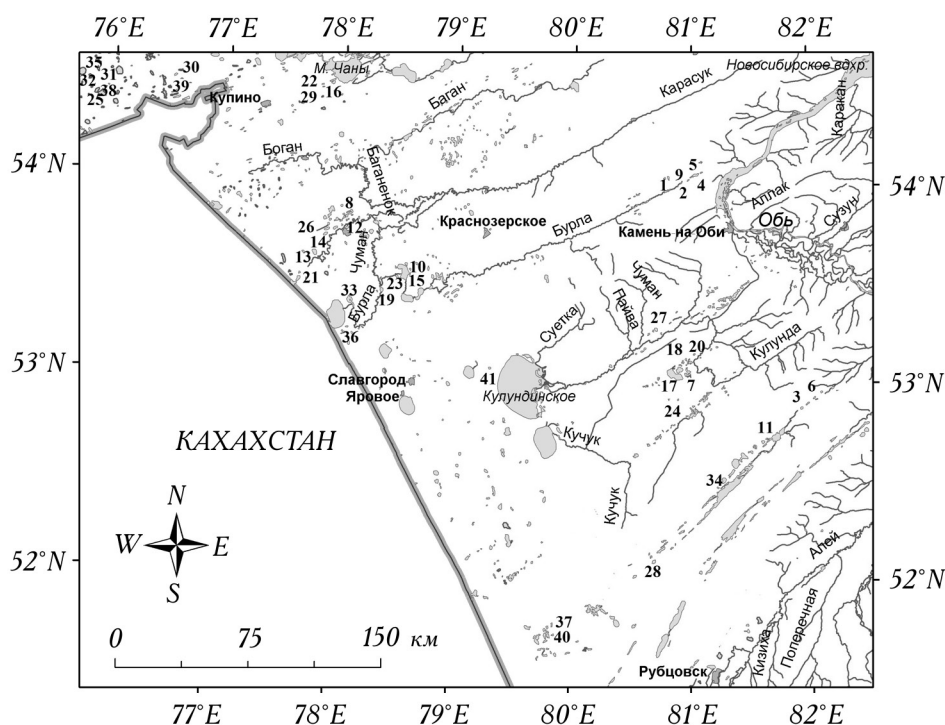
Ключевые слова: макрозообентос, озера, минерализация, экологические факторы, Обь-Иртышского междуречье.

Донные беспозвоночные являются важным структурным звеном озерных экосистем, а их состав и обилие зависят от многих экологических факторов, в частности минерализации воды. Закономерности изменения количества видов фито-, зоопланктона и зообентоса с увеличением минерализации воды исследованы в озерах Канады [22], Австралии [20, 23, 25] и Крыма [3, 10]. Проведены такие работы и в озерах юга Обь-Иртышского междуречья, где существует значительный градиент солености [5, 7, 16]. Однако обобщающих работ по выявлению особенностей сообществ донных беспозвоночных в озерах разной степени минерализации ранее не выполнялось.

За последние сто лет изучения минерализации природных вод было предложено много классификаций как в целом для всех природных вод [8, 15, 17, 19], так и для озер [4], их сравнительный анализ представлен в работе [14]. В гораздо меньшей степени разработана классификация минерализации вод, основанная на гидробиологических характеристиках. В большинстве случаев используются системы, не имеющие четких градаций солености, где организмы (аналогично другим экологическим факторам) разделяют на эвригалинные, стеногалинные, галофильные, галофобные и др. Границы солености в зависимости от структуры водных сообществ отражены в [21].

Цель настоящей работы — установить особенности состава и структуры сообществ донных беспозвоночных озер с различным уровнем минерализации, расположенных на юге Обь-Иртышского междуречья.

© О. Н. Вдовина, Д. М. Безматерных, 2015



1. Исследованные озера юга Обь-Иртышского междуречья: олигогалинные: 1 — Прыганское; 2 — Верхнее; 3 — Ледорезное; 4 — Нижнее; 5 — Бол. Пустынное; 6 — Мельничное; 7 — Батовое; 8 — Кривое (бассейн р. Карасук); 9 — Большое; 10 — Мал. Топольное; 11 — Бол. Островное; 12 — Титово; 13 — Астродам; 14 — Кусган; 15 — Хомутинное; субгалинные: 16 — Фадиха; 17 — Кабанье; 18 — Мостовое; 19 — Песчаное; 20 — Чернаково; 21 — Студеное; 22 — Котленок; 23 — Хорошее; 24 — Кривое (бассейн р. Кулунда); 25 — Дуненок; 26 — Мал. Горькое (бассейн р. Карасук); 27 — Лена; 28 — Угловое; 29 — Широкая Курья; гипогалинные озера: 30 — Абушкан; 31 — Фатеево; 32 — Илюбай-сор; 33 — Кривое (бассейн р. Берла); 34 — Горькое (бассейн р. Касмала); 35 — Горькое; 36 — Бол. Топольное; мезо- и гипергалинные: 37 — Пресное; 38 — Левое Поляново; 39 — Чебаклы; 40 — Люддино; 41 — Кулундинское.

Материал и методика исследований. В 2007—2011 гг. в рамках комплексных лимнологических экспедиций исследованы сообщества донных беспозвоночных 41 озера юга Обь-Иртышского междуречья, расположенных в степной и лесостепной зонах Западной Сибири, в пределах Алтайского края и Новосибирской области. Общая минерализация вод изученных озер составляла от 0,33 до 140,0 г/л (рис. 1). Гидрохимическая характеристика озер приведена в работах [9, 11, 12, 13].

Материал для исследований отбирали и обрабатывали по стандартным методикам [18]: качественные сборы проводили сачком или скребком, количественные — дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м² или штанговым дночерпателем ГР 91-000 с площадью захвата 0,007 м². Всего отобрано и проанализировано 371 количественная и 76 качественных проб макрозообентоса. Уровень трофности озер определяли по шкале С. П. Китаева [14]. Доминирующие виды устанавливали по частоте встречаемости [2]. При сравнении видового состава использовали «парные меры включения» [1].

Статистическая обработка материала проведена в пакетах программ MS Excel-2003 и Statistica 6.0. Более подробно методы и условия отбора проб охарактеризованы в наших предыдущих исследованиях [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Всего в исследованных озерах обнаружено 170 видов донных беспозвоночных из восьми классов: нематоды, малощетинковые черви, пиявки, мшанки, двустворчатые и брюхоногие моллюски, ракообразные и насекомые. Амфибиотические насекомые составили 83,2% количества обнаруженных видов. Среди насекомых большая часть принадлежала к отряду двукрылых, также встречались ручейники, жуки, стрекозы, клопы, бабочки, поденки и ногохвостки.

Изученные озера были поделены на четыре группы:

- 1) олигогалинные озера (минерализация менее 1,2 г/л);
- 2) субгалинные озера (минерализация 1,2—5,0 г/л);
- 3) гипогалинные озера (минерализация 5,0—20,0 г/л);
- 4) мезо- и гипергалинные озера (минерализация 20—140 г/л).

За основу предложенной классификации взята система [21] с учетом особенностей озер юга Обь-Иртышского междуречья.

Максимальное видовое богатство характерно для *олигогалинных* озер, здесь найдено 89 видов донных беспозвоночных из семи классов. Наиболее богаты видами насекомые, преимущественно двукрылые (44 вида, из них 33 — комары-звонцы), также встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы и бабочки. Кроме того, в составе донной фауны озер отмечено семь видов моллюсков, по три — малощетинковых червей и пиявок, и по одному — ракообразных и мшанок. В озерах доминировали комары-звонцы (сем. Chironomidae), отмеченные в 92% проб, субдоминировали ручейники (в 38%), поденки (в 30%), стрекозы (в 25%) и малощетинковые черви (в 25%) (таблица). Среди комаров-звонцов наиболее часто встречались личинки родов *Chironomus* и *Polypedilum*, среди ручейников — р. *Neureclipsis*, из поденок чаще других отмечены личинки р. *Caenis*, из стрекоз — р. *Coenagrion*, малощетинковые черви были представлены преимущественно *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede. Максимальное количество видов донных беспозвоночных отмечено в озерах Мельничное и Нижнее (по 28). Расчет мер включения видового состава макробеспозвоночных показал умеренную степень сходства — для большинства озер она не превышала 40—59%.

Биомасса в разных озерах составляла от 0,07 до 61,0 г/м², численность — от 0,07 до 143 тыс. экз/м². Минимальные значения отмечены в озерах Бол. Островном (0,07—3,00 тыс. экз/м² и 0,07—1,85 г/м²) и Ледорезном (0,07—3,49 тыс. экз/м² и 0,07—2,50 г/м²), максимальные — в оз. Хомутином (48,5—143 тыс. экз/м² и 30,0—61,0 г/м²). Уровень развития донных зооцено-

Основные характеристики сообществ донных беспозвоночных исследованных озер юга Обь-Иртышского междуречья (2007—2011 гг.)

Характеристики	Группы озер			
	олигогалинные (0,33—1,2 г/л)	субгалинные (1,2—5,0 г/л)	гипогалинные (5,0—20,0 г/л)	мезо- и гипергалинные (20,0—140 г/л)
Количество исследованных озер	15	14	7	5
Количество видов	89	80	50	11
Руководящие и второстепенные таксоны по частоте встречаемости (%)	Chironomidae (92%), Trichoptera (38%), Ephemeroptera (30%), Odonata (25%), Oligochaeta (25%)	Chironomidae (97%)	Chironomidae (80%), Ceratopogonidae (60%), Coleoptera (30%)	Ephydriidae (78%)
Индекс видового разнообразия по Шеннону	1,35 ± 0,14	1,14 ± 0,13	0,96 ± 0,14	0,42 ± 0,26
Средняя численность $\bar{x} \pm s\bar{x}$, тыс. экз/м ²	6,20 ± 3,29	6,18 ± 2,03	3,22 ± 1,46	1,19 ± 0,32
Средняя биомасса $\bar{x} \pm s\bar{x}$, г/м ²	7,00 ± 1,83	8,13 ± 2,56	2,63 ± 0,65	1,70 ± 0,48

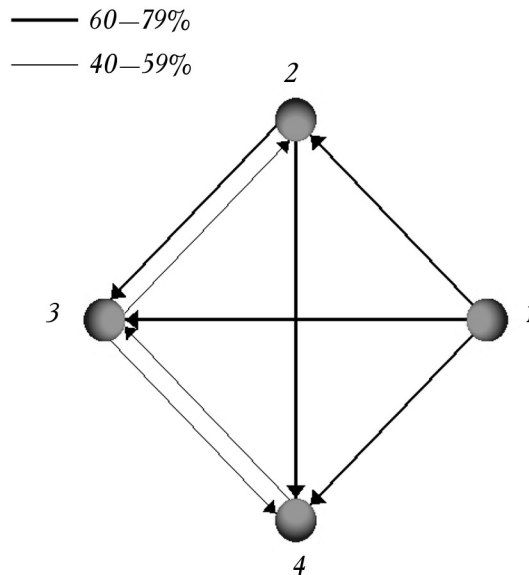
зов в большинстве озер этой группы «средний» и «повышенный», что соответствует бета-мезотрофному и альфа-евтрофному типам водоемов.

В обследованных субгалинных водоемах зарегистрировано 80 видов донных беспозвоночных из семи классов: круглые черви — 1, малощетинковые черви — 2, пиявки — 1, двустворчатые моллюски — 1, брюхоногие моллюски — 8, ракообразные — 2 и насекомые — 65 видов. Среди насекомых наибольшим видовым богатством отличались двукрылые (38 видов, из них 30 — комары-звонцы), также встречались стрекозы, поденки, жуки, клопы, ногохвостки и ручейники. Максимальное количество видов выявлено в озерах Угловом (23) и Песчаном (26). В целом, донные сообщества этой группы носили хирономидный характер (они отмечены в 97% проб), наиболее часто встречались личинки родов *Chironomus* и *Glyptotendipes*, встречаемость остальных таксонов не превышала 15%. Расчет мер включения видового состава донных сообществ показал умеренную степень их сходства, для большинства озер характерна связь на уровне 50—69%. Уровень развития зообентоса в большинстве озер «умеренный» и «средний», что соответствует альфа- и бета-мезотрофному типам водоемов. Высокая биомасса за счет

массового развития личинок *Chironomus* гр. *plumosus* отмечена в озерах Широкая Курья (95,6 г/м²) и Котленок (33,9 г/м²).

В составе бентоса исследованных *гипогалинных* озер обнаружено 50 видов из трех классов: брюхоногие моллюски, ракообразные и насекомые, последних — 46 видов, что составило 92%. Большая часть (25 видов) принадлежала к отряду двукрылых, кроме того встречались стрекозы, клопы, жуки и ручейники. Среди двукрылых преобладали личинки комаров-звонцов (20 видов), представленные в основном подсем. Orthocladiinae. В составе донной фауны озер этой группы отмечены 3 вида моллюсков и один — ракообразных. Наибольшим видовым богатством характеризовались беспозвоночные озер Большого Топольного (20) и Горького Касмалинской системы (19). В качестве доминантов выступали представители сем. Chironomidae (отмечены в 80% проб) и сем. Seratopogonidae (60%), субдоминировали жуки (30%). Наиболее часто встречались представители родов *Cricotopus*, *Criptotendipes*, *Hygrotus*, *Berosus*. Расчет мер включения видового состава озер показал их умеренную степень сходства — на уровне 40—79%. Озера этой группы также характеризовались невысокими количественными показателями донных беспозвоночных, в большинстве уровень развития зообентоса «низкий» и «умеренный», что соответствует бета-олиготрофному и альфа-мезотрофному типам водоемов. Наибольшие значения численности и биомассы отмечены в оз. Большом Топольном (36,8 тыс. экз/м² и 14,4 г/м²).

За период исследований в *мезо-* и *гипергалинных* озерах обнаружено 11 видов донных беспозвоночных из двух классов: брюхоногие моллюски (1 вид) и насекомые (10). Среди насекомых наибольшим видовым богатством отличались двукрылые (девять видов, из которых четыре — комаров-звонцов), также встречались жуки *Hygrotus* sp. В большинстве водоемов доминировали двукрылые р. *Setacera* из сем. Ephydriidae, они отмечены в 78% проб (см. таблицу). Наибольшее количество видов зарегистрировано в оз. Левое Поляново (6). Фаунистическое сходство бентоса исследованных озер находилось на уровне 65—85%. Количественные показатели донных беспозвоночных были невысокими. Биомасса в разных озерах составляла от 0,10 до 5,14 г/м², численность — от 0,07 до 4,28 тыс. экз/м². Минимальные значения были в озерах Кулундинском



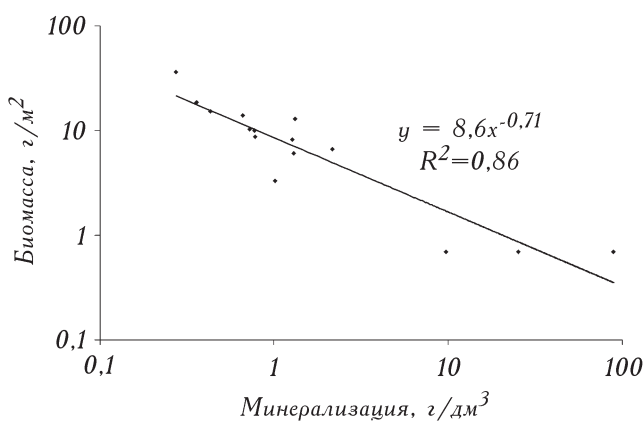
2. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания донных сообществ изученных озер по наличию видов: 1 — мезо- и гипергалинные; 2 — гипогалинные; 3 — субгалинные; 4 — олигогалинные.

(0,10—1,50 тыс. экз/м² и 0,07—0,78 г/м²) и Чебаклы (0,35 тыс. экз/м² и 0,20 г/м²), максимальная биомасса — в оз. Левое Полянково (5,14 г/м²). Для большинства озер этой группы характерен «низкий» уровень развития зообентоса, соответствующий олиготрофному типу водоемов.

Фаунистическое сходство большинства изученных групп озер находилось на уровне 60—79% (рис. 2). Наименьшее видовое богатство характерно для мезо- и гипергалинных озер, что привело к тому, что их фауна в большой мере вошла в фауны гипо-, суб- и олигогалинных. Аналогично, фауна гипогалинных озер в большой степени вошла в фауны суб- и олигогалинных озер. Последние две группы отличались своеобразием состава донного населения, сходство между ними было в пределах 40—59%.

Известно, что минерализация существенно влияет на состав гидробионтов — при ее увеличении количество видов, как правило, убывает [25]. По нашим данным максимальное видовое богатство донных беспозвоночных отмечено в олигогалинных озерах — 89 (от 1 до 13 видов в пробе, в среднем 5). В субгалинных обнаружено 80 видов (от 1 до 11 в пробе, в среднем 4), а в гипогалинных — 50 (от 1 до 8 в пробе, в среднем 3). Минимальное количество характерно для мезо- и гипергалинных озер — не более трех в пробе. Индекс видового разнообразия по Шеннону возрастал по мере снижения минерализации вод, установлена статистически значимая отрицательная корреляционная связь ($r = -0,68, p < 0,01$).

В исследованных группах озер с увеличением минерализации воды происходит смена руководящих и второстепенных таксонов донных беспозвоночных. В олигогалинных доминировали личинки Chironomidae, второстепенные таксоны были представлены четырьмя группами: Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Oligochaeta. В субгалинных также доминировали личинки Chironomidae, остальные таксоны в них относились к случайным, их частота встречаемости не превышала 16%. В гипогалинных озерах в доминирующий комплекс наряду с Chironomidae также вошли Ceratopogonidae, вто-



3. Зависимость биомассы зообентоса на илистых грунтах в зоне побережья от минерализации воды озер юга Обь-Иртышского междуречья.

ростепенные таксоны представлены Coleoptera. В мезо- и гипергалинных озерах доминировали сем. Ephydriidae, их личинки отмечены в 78% проб, остальные таксоны отнесены к случайным (редким), частота их встречаемости не превышала 14%.

Помимо уменьшения количества видов, некоторыми исследователями также отмечена тенденция сниже-

ния биомассы зообентоса с увеличением солености, в частности в озерах Канады [22] и Австралии [24]. В озерах юга Обь-Иртышского междуречья максимальная биомасса зообентоса характерна для олигогалинных и субгалинных (мезотрофный — гипертрофный типы), а минимальная — в мезо- и гипергалинных озерах (олиготрофный тип). В исследованных озерах была установлена достоверная (коэффициент детерминации $R^2 > 0,7$) степенная зависимость биомассы зообентоса от минерализации воды на наиболее распространенных илистых грунтах и одинаковых глубинах (в зоне прибрежья) (рис. 3).

Заключение

В обследованных озерах юга Обь-Иртышского междуречья зарегистрировано 170 видов донных беспозвоночных из восьми классов. Отмечена смена доминирующих таксонов, сокращение видового разнообразия и снижение количественных донных беспозвоночных при увеличении солености воды.

Изученные озера можно разделить на четыре группы:

1) Олигогалинные озера, минерализация менее 1,2 г/л. Здесь обитают пресноводные виды донных беспозвоночных. Доминирующие и субдоминирующие таксоны представлены комарами-звонцами, ручейниками, поденками, стрекозами и малощетинковыми червями.

2) Субгалинные озера, минерализация 1,2—5,0 г/л. В этих озерах обитают пресноводные виды. Из числа доминантов и субдоминантов исчезают ручейники, поденки, стрекозы и малощетинковые черви. Доминируют комары-звонцы.

3) Гипогалинные озера, минерализация до 20,0 г/л. Для этой группы характерны пресноводные солевыносливые виды. В качестве доминантов помимо комаров-звонцов выступают комары-мокрецы, а в качестве субдоминантов — жуки (личинки).

4) Мезо- и гипергалинные озера, минерализация до 140 г/л. Для них характерны галофильные и галобионтные виды. Руководящие виды в этой группе представлены в основном личинками мух-береговушек.

**

У 2007—2011 рр. досліджено склад і структуру угруповань донних безхребетних 41 озера південної частини Об-Іртишського міжріччя. Донна фауна включає 170 видів з восьми класів, найбільша кількість видів належала до класу Insecta, серед яких переважали Diptera. Встановлено особливості макрозообентосу озер з різним рівнем мінералізації.

**

Composition and structure of benthic invertebrate communities from 41 lakes in the south of the Ob-Irtysh interfluvium were studied over 2007—2011. The benthic fauna comprises 170 species of 8 classes. Maximal number of species belong to Insecta, among which Diptera

ra were the most diverse. The features of macrozoobenthos from the lakes with different salinity, i.e. from oligohaline to hyperhaline, are determined.

**

1. *Андреев В.Л.* Классификационные построения в экологии и систематике. — М.: Наука, 1980. — 142 с.
2. *Баканов А.И.* Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. — М., 1987. — 63 с. Рук. деп. в ВИНТИ 08.12.1987. № 8593-В87.
3. *Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С.* и др. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма // Журн. общ. биологии. — 2009. — Т. 70. № 6. — С. 504—514.
4. *Баранов И.В.* Лимнологические типы озер СССР. — Л., 1962. — 266 с.
5. *Безматерных Д.М.* Уровень минерализации воды как фактор формирования зообентоса озер Барабинско-Кулундинской лимнобиологической области // Мир науки, культуры, образования. — 2007. — № 4 (7). — С. 7—11.
6. *Безматерных Д.М., Жукова О.Н.* Состав, структура и факторы формирования сообществ донных беспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья // Экология. — 2013. — № 2. — С. 152—160.
7. *Благовидова Л. А.* Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири // Гидробиол. журн. — 1973. — Т. 9, № 1. — С. 55—61.
8. *Гуревич М.С., Толстихин Н.И.* Схема химической классификации подземных вод // Изв. Высш. уч. завед. Геология и разведка. — 1961. — № 1. — С. 5—11.
9. *Долматова Л.А., Котовщиков А.В.* Оценка экологического состояния озер Новосибирской области по химическому составу воды и пигментным характеристикам фитопланктона // Вода: химия и экология. — 2013. — № 7. — С. 28—34.
10. *Иванова М.Б.* О зоопланктоне гипергалинных озер // Гидробиол. журн. — 1990. — Т. 26, № 5. — С. 3—9.
11. *Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Зарубина Е.Ю. и др.* Состав и структура экосистем степных озер Алтайского края в 2008 г. // Наука — Алтайскому краю, 2008 год: сб. научн. статей. — Барнаул: Азбука, 2008. — Вып. 2. — С. 237—254.
12. *Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Безматерных Д.М.* и др. Сравнительный анализ экосистем разнотипных озер Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока // Наука — Алтайскому краю, 2009 г.: сб. научн. статей. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. — Вып. 3. — С. 311—333.
13. *Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Котовщиков А.В.* и др. Состав и структура водных экосистем бассейна реки Бурлы в 2010 году // Наука — Алтайскому краю, 2010 г.: сб. научн. статей. — Барнаул: Алтайский дом печати, 2010. — Вып. 4. — С. 239—252.
14. *Китаев С.П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. — Петрозаводск, 2007. — 395 с.

15. *Оксиюк О.М., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П.* Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. — 1993. — Т. 30, № 2. — С. 213—221.
16. *Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер.* — Новосибирск, 1982. — 226 с.
17. *Посохов Е.В., Толстихин Н.И.* Минеральные воды. Лечебные, промышленные, энергетические. — Л., 1977. — 240 с.
18. *Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем.* — СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. — 318 с.
19. *Самарина В.С.* Гидрогеохимия. — Л., 1977. — 359 с.
20. *Brock M.A.* The composition of aquatic communities in saline wetlands in Western Australia // *Hydrobiologia.* — 1983. — Vol. 105. — P. 77—84.
21. *Hammer U.T.* Saline lake ecosystems of the world. — Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. — 614 p.
22. *Hammer U.T.* Distribution and abundance of littoral benthic fauna in Canadian prairie saline lakes // *Hydrobiologia.* — 1990. — Vol. 197. — P. 173—192.
23. *Timms B.V.* A study of benthic communities in some saline lakes in Saskatchewan and Alberta, Canada // *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* — 1986. — Vol. 71, N 6. — P. 759—777.
24. *Timms B.V.* Animal communities in three Victorian lakes of differing salinity // *Hydrobiologia.* — 1981. — Vol. 81/82. — P. 181—193.
25. *Williams W.D.* Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // *Ibid.* — 1998. — Vol. 381. — P. 191—201.

Институт водных и экологических
проблем СО РАН, Барнаул, РФ

Поступила 22.06.15