



УДК 574.587:57.044

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЗООБЕНТОСА ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

О.Н. Жукова и Д.М. Безматерных

Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, ул. Молодежная, 1, 656038 Барнаул, Россия; e-mail: bezmater@iwep.ru

РЕЗЮМЕ

В 2008–2011 гг. исследованы четыре озерно-речные системы юга Обь-Иртышского междуречья в пределах Алтайского края и Новосибирской области, расположенные в Карасукской, Бурлинской, Кулундинской и Касмалинской ложбинах древнего стока. Минерализация воды изученных озер составляла от 0.3 до 122 г/л. Донная фауна озер включает 146 видов из 8 классов беспозвоночных животных. Оценено влияние основных абиотических экологических факторов (гидрофизические и гидрохимические показатели воды, тип грунта) на состав и структуру донных сообществ.

Ключевые слова: зообентос, минерализация, Обь-Иртышское междуречье, озера, экологические факторы

SALINITY AS A FACTOR OF ZOOBENTHOS FORMATION IN LAKES OF THE SOUTH OB-IRTYSH INTERFLUVE

O.N. Zhukova and D.M. Bezmaternykh

Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Molodezhnaya Str. 1, 656038 Barnaul, Russia; e-mail: bezmater@iwep.ru

ABSTRACT

In 2008–2011, four river-lake systems of the south Ob-Irtysh interfluve area situated in the Karasuk, Burla, Kulunda and Kasmala ancient runnel and within the territory of Altai Krai and Novosibirsk oblast' were studied. Salinity of the studied lakes made up 0.3–122 g/l. The bottom fauna consists of 146 species from 8 classes of invertebrates. The influence of major abiotic ecological factors (hydrophysical and hydrochemical water indices, substrate type) on the composition and structure of bottom communities was studied.

Key words: zoobenthos, salinity, the Ob-Irtysh interfluve, lakes, ecological factors

ВВЕДЕНИЕ

Озера юга Обь-Иртышского междуречья расположены в долинах древнего стока, что определяет гомологию их экосистем. Вытянутая форма современных котловин многих из них и взаимное расположение дают основание для объединения озер в группы, которые А.Г. Поползин (1967) называл «озера ленточных боров». Аналогичность

экосистем этих озер определяется зональными географическими факторами – расположением на северной границе аридной зоны Евразии, соотношением тепла и влаги, особенностями подстилающих пород (Поползин, 1967). Особенности этих озерных систем позволяют проследить совместное действие экологических факторов на биологические компоненты экосистем и выявить наиболее важные из них. Сообщества донных

беспозвоночных отличаются стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени, поэтому они являются удобными объектами для наблюдения за действием зональных и локальных факторов.

Зообентос озер юга Обь-Иртышского междуречья изучали в 1920–1930 гг. и 1967–1969 гг. (Березовский, 1927; Зверева, 1930; Благовидова, 1973). В условиях меняющихся гидрологических условий и антропогенного воздействия состав и структура сообществ озер этого региона и уровень их минерализации могли значительно измениться.

Цель работы – изучить влияние фактора минерализации воды на состав и структуру сообществ донных беспозвоночных разнотипных озер юга Обь-Иртышского междуречья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2008–2011 гг. в рамках комплексных лимнологических экспедиций исследованы сообщества донных беспозвоночных четырех озерных систем юга Обь-Иртышского междуречья: Касмалинской, Кулундинской, Карасукской и Бурлинской. Всего исследованы 33 озера. Параллельно были проведены подробные гидрохимические исследования озер (Кириллов и др., 2008, 2009, 2010).

Материал для исследований отбирали и обрабатывали по стандартным методикам (Руководство..., 1992): качественные сборы проводили сачком или скребком, количественные сборы – дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.025 м² или штанговым дночерпателем ГР 91-000 ТО с площадью захвата 0.007 м². Всего отобрано и проанализированы 202 количественные пробы и 60 качественных проб. Уровень трофности озер определяли по шкале С.П. Китаева (1986). Доминирующие виды устанавливали по частоте встречаемости (Баканов, 1987). Сходства таксономического состава оценивали при помощи мер включения (Андреев, 1980). Статистическая обработка материала проведена в пакетах программ MS Excel – 2003 и Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В составе бентоса исследованных озер юга Обь-Иртышского междуречья выявлены 146 видов донных беспозвоночных из 8 классов: не-

матоды, малощетинковые черви, пиявки, мшанки, двусторчатые и брюхоногие моллюски, ракообразные и насекомые. Амфибиотические насекомые составили 84% числа обнаруженных таксонов (107 видов). Большая часть (58 видов) принадлежала к отряду двукрылых, 49 видов составили стрекозы, поденки, клопы, жуки, бабочки и ручейники. Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (40 видов), представленные в основном подсем. Chironominae. Кроме того, в составе донной фауны озер отмечены 3 вида олигохет, 8 – моллюсков, 2 – ракообразных, по 1 виду мшанок и нематод. Бентос исследованных озер носил преимущественно хирономидный характер, что обычно для мелководных равнинных мезотрофных и эвтрофных озер. В сообществах донных беспозвоночных озер основную долю составляли широко распространенные в Голарктике и Палеарктике виды и формы, характерные также для многих водоемов европейской части России.

Наибольшее число видов донных беспозвоночных выявлено в озерах Бурлинской системы (76 видов), здесь наиболее часто встречались личинки родов *Chironomus* и *Polypedilum* (табл. 1). Видовое богатство зообентоса было невысоким (от 3 до 12 видов в пробе, в среднем 5 видов).

Кроме того, для этой системы озер были зарегистрированы наибольшие показатели плотности и биомассы зообентоса, средние значения плотности составили – 15.8 ± 10 тыс. экз./м², биомассы – 10.4 ± 4.4 г/м², максимальные показатели отмечены в олигогалинном оз. Хомутиное (143 тыс. экз. м², 61 г/м²).

Наименьшее видовое разнообразие отмечено для Кулундинской системы озер – 37 видов донных беспозвоночных, преобладающее число из них пришлось на долю двукрылых (25 видов). В бентосе наиболее часто встречались личинки *Ch. sp.* и *P. gr. tubiculosum*. Видовое богатство зообентоса было также невысоким (от 1 до 12 видов в пробе, в среднем 5 видов), минимальное число видов (0–1) отмечено в гипергалинном оз. Кулундинское. Биомасса донных беспозвоночных в разных озерах колебалась от 0.3 г/м² до 14 г/м² (табл. 2). В целом озера характеризовались повышением биомассы в прибрежье (3.3–14 г/м²), и небольшой биомассой донных беспозвоночных в открытой части (0.3–0.9 г/м²).

Схожее количество видов зообентоса выявлено в озерах Карасукской и Касмалинской си-

Таблица 1. Количественные характеристики макрозообентоса исследованных озер Бурлинской системы.**Table 1.** Quantitative characteristics of macrozoobenthos of the studied Burla lakes.

Озеро Lake	Минерализация, г/л Salinity, g/l	Число видов Number of species	Доминирующие (руководящие) виды по частоте встречаемости Dominant species (by frequency of occurrence)	Индекс видового разнообразия по Шеннону The Shannon's diversity index	Плотность, $\lim / \bar{x}$, тыс. экз./м ² Density, $\lim / \bar{x}$, th. ind./m ²	Биомасса, $\lim / \bar{x}$, г/м ² Biomass, $\lim / \bar{x}$, g / m ²
Большое Bol'shoe	0.7	8	<i>Chironomus</i> sp.	0.6	$\frac{2.5-3.5}{3.0}$	$\frac{5.8-10}{8.1}$
Большое Пустынное Bol'shoe Pustynnoe	0.4	8	—	2.1	$\frac{1.0-1.3}{1.1}$	$\frac{1.7-2.5}{2.1}$
Большое Топольное Bol'shoe Topol'noe	18	20	<i>Polypedilum</i> gr. <i>scalaenum</i>	0.9	$\frac{0.2-37}{10.2}$	$\frac{0.1-14}{3.9}$
Верхнее Verkhnyee	0.3	28	—	2.9	$\frac{1.2-10}{4.9}$	$\frac{1.3-19}{7.3}$
Кабанье Kaban'e	1.2	14	<i>Fleuria lacustris</i> Kieffer. 1924	1.1	$\frac{0.7-14}{0.9}$	$\frac{0.6-8.3}{3.5}$
Кривое Krivoie	9.7	16	—	0.5	$\frac{0.7-13}{0.9}$	$\frac{0.4-4.1}{1.7}$
Малое Топольное Maloe Topol'noe	1.0	4	<i>Chironomus</i> sp.	1.0	$\frac{2.4-4.5}{3.2}$	$\frac{0.7-3.3}{1.5}$
Нижнее Nizhnyee	0.4	9	—	2.7	$\frac{2.9-3.8}{3.3}$	$\frac{1.9-2.4}{2.1}$
Песчаное Peschanoe	1.4	26	<i>Polypedilum</i> gr. <i>nubiculosum</i>	1.3	$\frac{0.7-3.5}{2.1}$	$\frac{0.8-13}{6.9}$
Прыганское Pryganskoe	0.3	21	<i>Chironomus</i> sp. <i>Caenis miliaria</i> Tshernova. 1952	1.1	$\frac{0-2.9}{1.4}$	$\frac{0-37}{17}$
Хомутиное Khomutinoe	1.1	13	—	1.4	$\frac{49-143}{96}$	$\frac{30-61}{45}$

стем – по 65 и 67 соответственно. В Карасукской системе наиболее часто встречали *Ch.* sp. и *P.* gr. *nubiculosum*. Видовое богатство донных беспозвоночных было также невысоко (от 1 до 10 видов в пробе, в среднем 6 видов). В разных озерах биомасса колебалась от 0.09 до 29.8 г/м², плотность – от 0.03 до 15.9 тыс. экз./м² (табл. 3). Минимальные значения плотности и биомассы отмечены для олигогалинных оз. Студеного (35 экз./м², 0.35 г/м²) и оз. Большого Горького (139 экз./м², 0.1 г/м²). Максимальные значения биомассы зафиксированы в оз. Титово (30 г/м²).

В озерах Касмалинской системы наиболее часто встречались личинки *Ch.* sp. (табл. 4). Видовое богатство зообентоса было сравнительно низким (от 0 до 8 видов в пробе, в среднем 3 вида). Наибольшее число видов донных беспозвоночных выявлено в олигогалинных озерах Мельничное (28 видов) и Угловое (23 вида). Беднее по видовому составу оказались полигалинное оз. Пресное (5 видов) и гипергалинное озеро без названия (3 вида). Для Касмалинской системы зарегистрированы наименьшие средние показатели плотности и биомассы донных беспозвоночных (2.9 ± 1 тыс. экз./м², 4.1 ± 1 г/м²).

Таблица 2. Количественные характеристики макрозообентоса исследованных озер Кулундинской системы.**Table 2.** Quantitative characteristics of macrozoobenthos of the studied Kulunda lakes.

Озеро Lake	Минерализация, г/л Salinity, g/l	Число видов Number of species	Доминирующие (руководящие) виды по частоте встречаемости Dominant species (by frequency of occurrence)	Индекс видового разнообразия по Шеннону The Shanon's diversity index	Плотность, $\lim / \bar{x}$, тыс. экз./м ² Density, $\lim / \bar{x}$, th. ind./m ²	Биомасса, $\lim / \bar{x}$, г/м ² Biomass, $\lim / \bar{x}$, g/m ²
Батовое Batovoye	0.6	16	<i>Ablabesmia</i> sp., <i>Paratanytarsus</i> sp., <i>Chetogaster</i> sp.	3.0	<u>0.9–2.3</u> 1.6	<u>1.3–14</u> 7.8
Кривое Krivoie	2.1	5	<i>Ch.</i> sp.	1.0	<u>0.1–1.3</u> 0.7	<u>0.3–6.7</u> 3.5
Кулундинское Kulundinskoe	122.1	3	<i>Setacera</i> sp.	0	<u>0.1–0.7</u> 0.3	<u>0.1–1.5</u> 0.9
Лена Lena	2.5	7	–	1.5	<u>0.3–0.9</u> 0.6	<u>1.1–1.4</u> 1.2
Мостовое Mostovoe	1.3	11	<i>P. gr. nubiculosum</i> , <i>Stictochironomus crassiforceps</i> Kieffer, 1922	1.4	<u>2.4–56</u> 29.4	<u>2.3–13</u> 7.5
Чернаково Chernakovo	1.5	2	<i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i>	0.5	<u>0.1–0.2</u> 0.1	<u>0.8–3.3</u> 2.1

Таблица 3. Количественные характеристики макрозообентоса исследованных озер Карасукской системы.**Table 3.** Quantitative characteristics of macrozoobenthos of the studied Karasuk lakes.

Озеро Lake	Минерализация, г/л Salinity, g/l	Число видов Number of species	Доминирующие (руководящие) виды по частоте встречаемости Dominant species (by frequency of occurrence)	Индекс видового разнообразия по Шеннону The Shanon's diversity index	Плотность, $\lim / \bar{x}$, тыс. экз./м ² Density, $\lim / \bar{x}$, th. ind./m ²	Биомасса, $\lim / \bar{x}$, г/м ² Biomass, $\lim / \bar{x}$, g/m ²
Астродым Astrodyum	1.2	28	<i>Psectrocladius ishimicus</i> Tshernovskij, 1949, <i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>manicus</i> , <i>C. miliaria</i> Tshernova, 1952	1.5	<u>1.1–15</u> 1.3	<u>3.3–7.2</u> 5.2
Большое Горькое Bol'shoe Gor'koe	2.3	7	<i>Ch.</i> sp.	1.0	<u>0.1–0.5</u> 0.3	<u>0.1–0.5</u> 0.3
Кривое Krivoie	0.6	22	<i>P. gr. nubiculosum</i>	3.0	1.4	2.2
Кротово Krotovo	1.3	14	<i>Ch.</i> sp.	0.9	0.4	6.1
Кусган Kusgan	1.2	13	–	1.4	0.2	2.2
Мелкое Melkoe	0.7	11	<i>Ch.</i> sp., <i>Chetogaster</i> sp.	1.5	<u>0.6–1.0</u> 0.8	<u>7.6–8.7</u> 8.1
Студеное Studenoe	1.5	7	–	1.0	<u>0.03–0.9</u> 0.46	<u>0.4–0.9</u> 0.7
Титово Titovo	1.1	21	<i>Procladius ferrugineus</i> Kiffer, 1919, <i>Ch. gr. plumosus</i>	1.0	1.7	30
Чаган Chagan	3.2	8	–	0.6	0.5	2.7

Таблица 4. Количественные характеристики макрозообентоса исследованных озер Касмалинской системы.**Table 4.** Quantitative characteristics of macrozoobenthos of the studied Kasmala lakes.

Озеро Lake	Минерализация, г/л Salinity, g/l	Число видов Number of species	Доминирующие (руководящие) виды по частоте встречаемости Dominant species (by frequency of occurrence)	Индекс видового разнообразия по Шеннону The Shanon's diversity index	Плотность, $\lim / \bar{x}$, тыс. экз./м ² Density, $\lim / \bar{x}$, th. ind./m ²	Биомасса, $\lim / \bar{x}$, г/м ² Biomass, $\lim / \bar{x}$, g/m ²
Большое Островное Bol'shое Ostrovnoe	1.0	7	—	1.1	$\frac{0-3.0}{0.5}$	$\frac{0-1.8}{0.5}$
Горькое Gor'koe	15	19	—	1.2	$\frac{0.1-6.5}{2.1}$	$\frac{0.1-8.3}{2.3}$
Ледорезное Ledoreznoe	0.3	19	—	0.8	$\frac{0-3.5}{0.5}$	$\frac{0-4.2}{1.0}$
Мельничное Mel'nichnoe	0.6	28	<i>Ch. sp.</i> , <i>C. miliaria</i> Tshernova, 1952	1.1	$\frac{0.1-9.9}{2.8}$	$\frac{0.4-10}{3.4}$
Пресное Presnoe	25	5	<i>S. sp.</i>	0.6	$\frac{0.6-1.5}{1.1}$	$\frac{0.7-2.4}{1.5}$
Угловое Uglovoe	3.3	23	<i>Ch. sp.</i>	0.9	$\frac{0-3.0}{0.7}$	$\frac{0-11}{3.3}$
Без названия Without a name	89	3	<i>Setacera sp.</i>	0.9	$\frac{1.7-2.1}{1.8}$	$\frac{2.4-5.1}{3.7}$

ОБСУЖДЕНИЕ

Состав и обилие бентоса зависят от многих факторов, по мнению Л.А. Благовидовой (1973) основными факторами формирования бентоса озер юга Западной Сибири являются общая минерализация воды и зимний кислородный режим. Величина минерализации оказывает существенное влияние на таксономический состав гидробионтов, при ее увеличении количество видов в озерах, как правило, убывает (Williams, 1998). В результате наших исследований установлено, что наибольшая устойчивость к высоким уровням минерализации характерна для личинок из семейства двукрылых: Ephydridae и Ceratopogonidae. Они отмечены при колебаниях минерализации от 0.56 до 134 г/л. Также большая экологическая пластичность отмечена для личинок хирономид и жуков, которые встречаются в диапазоне солености от 0.38 до 25.4 г/л. Перечисленные группы организмов формируют донные сообщества и в других озерах с повышенной минерализацией воды (Hammer, 1990; Williams, 1990; Alcocer, 1997). Кроме того, установлено, что при возрастании минерализации в составе донных сообществ исследованных озер увеличивалась доля гетеротопных видов и уменьшалась доля гомотопных (рис. 1).

Кроме минерализации воды, столь же значительное влияние на изученные донные сообщества оказывает характер донных отложений. В исследованных озерах максимальное их развитие характерно для илов (6.1 ± 1.6), заиленные пески (2.6 ± 1.2) и пески (2.2 ± 0.7) имеют менее разнообразное население и биомассу (рис. 2).

Уровень развития донных сообществ озер юга Обь-Иртышского междуречья в глубоководной части водоемов менялся от ультраолиготрофного до олиготрофного, в зоне побережья в большинстве случаев он изменялся от олиготрофного до бета-мезотрофного. Продуктивность донных беспозвоночных большинства озер, оцениваемая по уровню биомассы, по шкале В.П. Китаева (1986), изменялась от «очень низкой» до «средней», что соответствует олиготрофному – бета-мезотрофному типам водоемов. «Повышенная», «высокая» и «очень высокая» характерна для некоторых озер бессточных областей Кулундинской, Карасукской и Бурлинской систем.

Подобная картина распределения донных сообществ характерна и для других озерно-речных

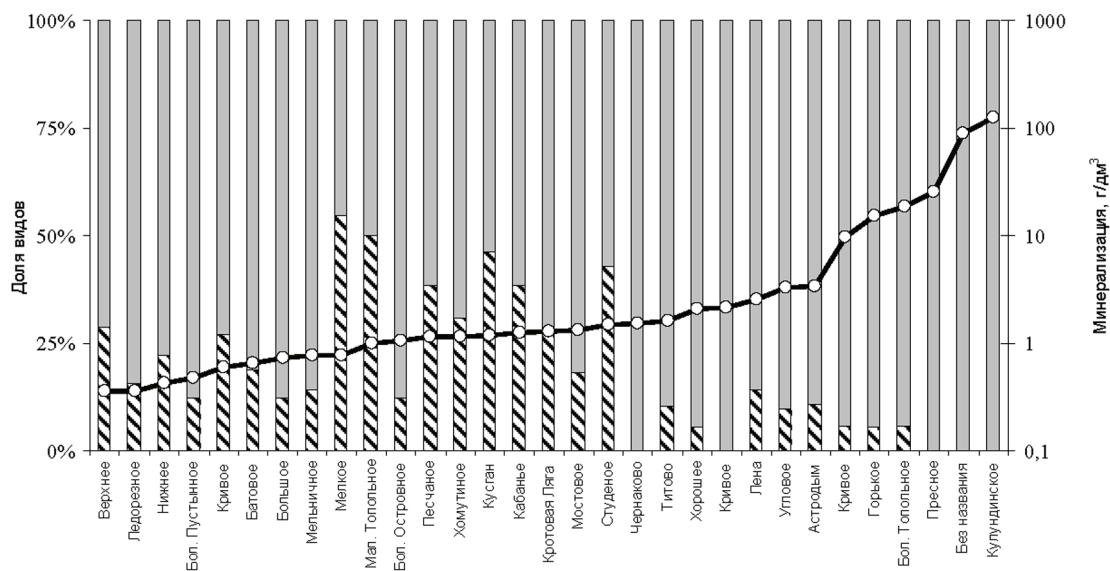


Рис. 1. Соотношение числа гетеро- и гомотопных видов зообентоса в озерах с различной степенью минерализации.

Fig. 1. Ratio of hetero- and homotop zoobenthos species in lakes with different salinity.

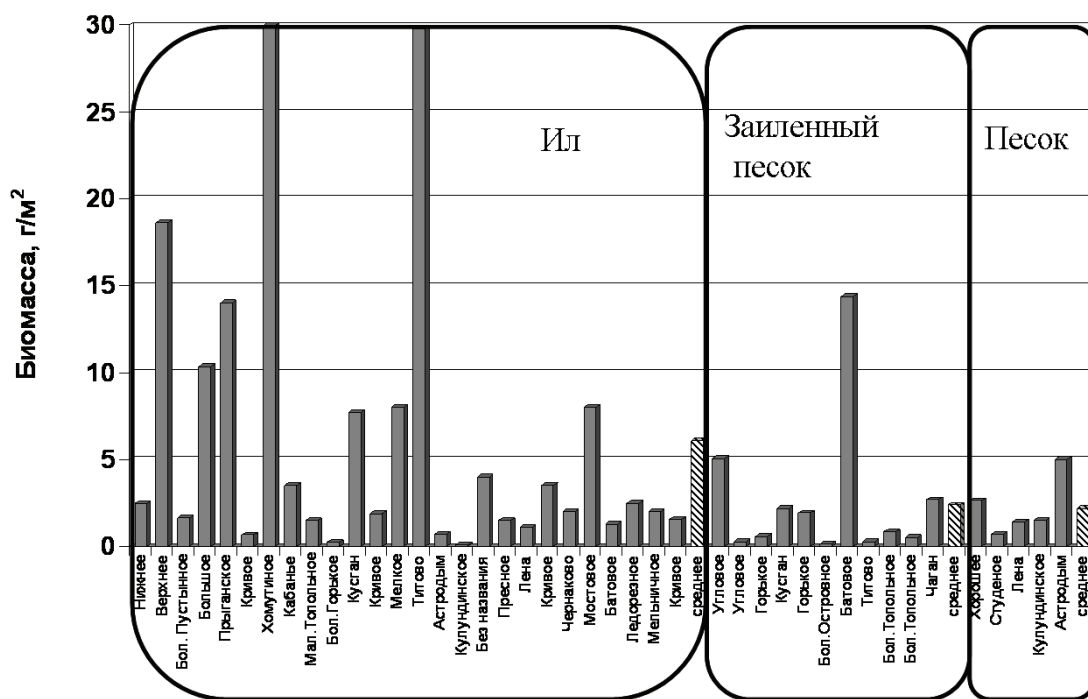


Рис. 2. Биомасса зообентоса на различных типах грунта

Fig. 2. Zoobenthos biomass on different substrate types

систем юга Обь-Иртышского междуречья (Чановская, Барнаульская) и, прежде всего, связана с характером и распределением грунтов, особенностями гидрологического и гидрохимического режима конкретных водоемов (Безматерных, 2005, 2008; Мисейко, 1982).

В своем обзоре W.D. Williams (1998) указывает на комплексный характер фактора минерализации воды, т.к. влияние минерализации может определяться не только ее уровнем, но и соотношением основных ионов в воде. Для установления относительной роли различных экологических факторов на формирование сообществ изученных озер нами проанализировано влияние 20 факторов: четырех физических (глубина, грунт, прозрачность, температура) и 16 гидрохимических (pH; O_2 ; биологическое потребление кислорода; CO_3^{2-} ; HCO_3^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; жесткость; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; $\Sigma Na^+ + K^+$; Σi ; перманганатная окисляемость; NH_4^+ ; NO_2^- ; NO_3^-). Статистическую обработку проводили тремя методами: корреляционный анализ, факторный анализ, метод главных компонент. Корреляционный анализ из всех перечисленных факторов выявил отрицательное влияние NH_4^+ ($r=-0.57$), на общую биомассу бентоса, что, видимо, является реакцией донных организмов на повышенное содержание продуктов разложения органики в водоемах. Кроме того, выявлена обратная достоверная ($p<0.05$) корреляционная связь между биомассой гомотопных видов зообентоса с прозрачностью ($r=0.53$), соленостью воды ($r=0.73$) и концентрацией ионов: CO_3^{2-} ($r=0.66$); HCO_3^- ($r=0.79$); Cl^- ($r=0.70$); SO_4^{2-} ($r=0.70$), Ca^{2+} ($r=0.75$), сумма ионов $Na^+ + K^+$ ($r=0.74$), которые большей частью являются компонентами, определяющими общую минерализацию воды. Факторный анализ выявил достоверное ($p<0.05$) влияние на биомассу зообентоса таких показателей как грунт ($F=5.7$), прозрачность ($F=6.07$) и минерализация воды ($F=8.8$). Метод главных компонент позволил сгруппировать все предложенные факторы в несколько групп. Основную долю первой группы факторов составили гидрохимические показатели, определяющие общую минерализацию воды (43.71%). Во вторую группу факторов вошли карбонаты (27.73%). Третью группу образовали физические факторы среды – прозрачность и температура (10.91%).

Перечисленные методы показали, что гидрохимические факторы, определяющие общую ми-

нерализацию воды, оказывают наибольшее влияние на уровень развития донных беспозвоночных, наряду с такими экологическими факторами, как характер грунта, глубина и прозрачность воды.

Таким образом, минерализация воды, наряду с другими факторами, является одним из ведущих экологических факторов, определяющим состав и структуру сообществ донных беспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья. При увеличении минерализации происходит не только уменьшение видового разнообразия и биомассы, но и перестройка таксономической и экологической структуры донных сообществ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН за помощь в отборе и обработке проб донных беспозвоночных. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-98019-р_сибирь_a и проекта Президиума РАН № 4.6.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреев В.Л. 1980. Классификационные построения в экологии и систематике. – Москва: Наука, 142 с.
- Баканов А.И. 1987. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. Рук. деп. в ВИНТИ 08.12., № 8593–B87, 63 с.
- Безматерных Д.М. 2005. Состав, структура и количественная характеристика зообентоса озера Чаны в 2001 году. *Сибирский экологический журнал*, 2: 249–254.
- Безматерных Д.М., Чернышкова К.В. и Марусин К.В. 2008. Современное состояние и многолетняя динамика зообентоса озера Чаны. *Проблемы региональной экологии*, 6: 43–49.
- Березовский А.И. 1927. Рыбное хозяйство на Барабинских озерах и пути его развития. Красноярск, 68 с.
- Благовидова Л.А. 1973. Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири. *Гидробиологический журнал*, 9(1): 55–61.
- Зверева О.С. 1930. Опыт рекогносцировочного обследования озер по Омскому и Славгородскому округам Сибирского края. *Труды Сибирской научной рыбохозяйственной станции*. – Красноярск, 5(2): 90.
- Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Зарубина Е.Ю., Митрофанова Е.Ю., Кириллова Т.В., Ермолаева Н.И., Долматова Л.А., Ким Г.В., Котовщиков А.В., Соколова М.И. и Жукова О.Н. 2008. Состав и структура экосистем степных озер Алтайского края в 2008 г. *Наука – Алтайскому краю*, 2008. – Барнаул: Азбука, 2: 237–254.

- Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Котовщиков А.В., Кириллова Т.В., Долматова Л.А., Ермолаева Н.И. и Соколова М.И. 2010.** Состав и структура водных экосистем бассейна реки Бурлы в 2010 году. *Наука – Алтайскому краю, 2010.* – Барнаул: Алтайский дом печати, 4: 239–252.
- Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И., Кириллова Т.В., Яныгина Л.В., Долматова Л.А., Котовщиков А.В., Жукова О.Н. и Соколова М.И. 2009.** Сравнительный анализ экосистем разнотипных озер Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока. *Наука – Алтайскому краю, 2009.* – Барнаул: Азбука, 3: 311–333.
- Китаев С.П. 1986.** О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон. V съезд Всероссийского гидробиологического общества: Тезисы. – Куйбышев: 254–255.
- Мисейко Г.Н. 1982.** Видовой состав и динамика зообентоса оз. Чаны. *Гидробиологический журнал, 2(5):* 72–76.
- Поползин А.Г. 1967.** Озера юга Обь-Иртышского бассейна (Зональная комплексная характеристика). – Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство. 350 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992.** – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 319 с.
- Alcocer J., Lugo A., Escobar E. & Sánchez M. 1997.** The macrobenthic fauna of a former perennial and now episodically filled Mexican saline lake. *International Journal of Salt Lake Research, 5:* 261–274.
- Hammer U.T., Sheard J.S. & Kranabetter J. 1990.** Distribution and abundance of littoral benthic fauna in Canadian prairie saline lakes. *Hydrobiologia, 197:* 173–192.
- Williams W.D. 1998.** Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia, 381:* 191–201.
- Williams W.D., Boulton A.J. & Taaffe R.G. 1990.** Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale? *Hydrobiologia, 197:* 257–266.