

УДК 574.587:57.044

СОСТАВ, СТРУКТУРА И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

© 2013 г. Д. М. Безматерных, О. Н. Жукова

Институт водных и экологических проблем СО РАН

656038 Барнаул, ул. Молодежная, 1

e-mail: bezmater@iwep.ru

Поступила в редакцию 29.03.2012 г.

В 2008–2011 гг. исследованы состав и структура сообществ донных беспозвоночных в 37 озерах юга Обь-Иртышского междуречья. Донная фауна 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. Показано, что на уровень развития донных беспозвоночных наибольшее влияние оказывают гидрохимические факторы, определяющие общую минерализацию воды, характер грунта и прозрачность воды.

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

DOI: 10.7868/S0367059713020054

Сообщества донных беспозвоночных являются важным структурным звеном озерных экосистем, а их состав и обилие зависят от многих экологических факторов. Из всего многообразия факторов окружающей среды в озерах юга Обь-Иртышского междуречья ранее было исследовано влияние степени минерализации, распределения водной растительности и характера зимнего кислородного режима. Для большинства озер региона эти показатели нестабильны и изменяются в зависимости от водного режима конкретного года (Благовидова, 1973; Опыт комплексного изучения..., 1982; Безматерных, 2007).

Степень изученности гидробиологических характеристик озер и озерных систем юга Обь-Иртышского междуречья значительно отличается. Чаще всего подобные сведения для малых озер вообще отсутствуют, по многим другим имеются лишь отрывочные рекогносцировочные данные, относящиеся к первой половине XX в. (Березовский, 1927; Зверева, 1930). Лучше изучены крупные солонатоводные водоемы и системы озер, имеющие рыбопромысловое значение (Пирожников, 1929; Пульсирующее озеро Чаны, 1982; Опыт комплексного изучения..., 1982; Экология озера Чаны, 1986; Озеро Убинское, 1994; Водоемы Алтайского края..., 1999), однако отдельные обобщающие работы по зообентосу этих озер отсутствуют. В условиях меняющихся климатиче-

ских факторов и антропогенного воздействия состав и структура сообществ озер данного региона могли значительно измениться.

Цель настоящей работы – изучить состав, структуру и факторы формирования сообществ донных беспозвоночных разнотипных озер юга Обь-Иртышского междуречья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

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 (рис. 1), всего 37 озер.

Системы озер рек Карасук, Бурла и Кулунда расположены в области внутреннего стока Обь-Иртышского междуречья. В бассейне р. Карасук исследовано 14 озер. Они относятся к солонатовым водоемам с минерализацией от 1 до 3 г/л. По химическому составу воды озер преимущественно сульфатно-хлоридного типа.

В Бурлинской озерно-речной системе исследовано 12 озер. Воды озер верхнего течения р. Бурлы – карбонатные, группы натрия (содовые) и кальция I типа. В среднем и нижнем течении реки воды сульфатно-натриевые I–II типов. Соленость воды колеблется в широком интервале – от

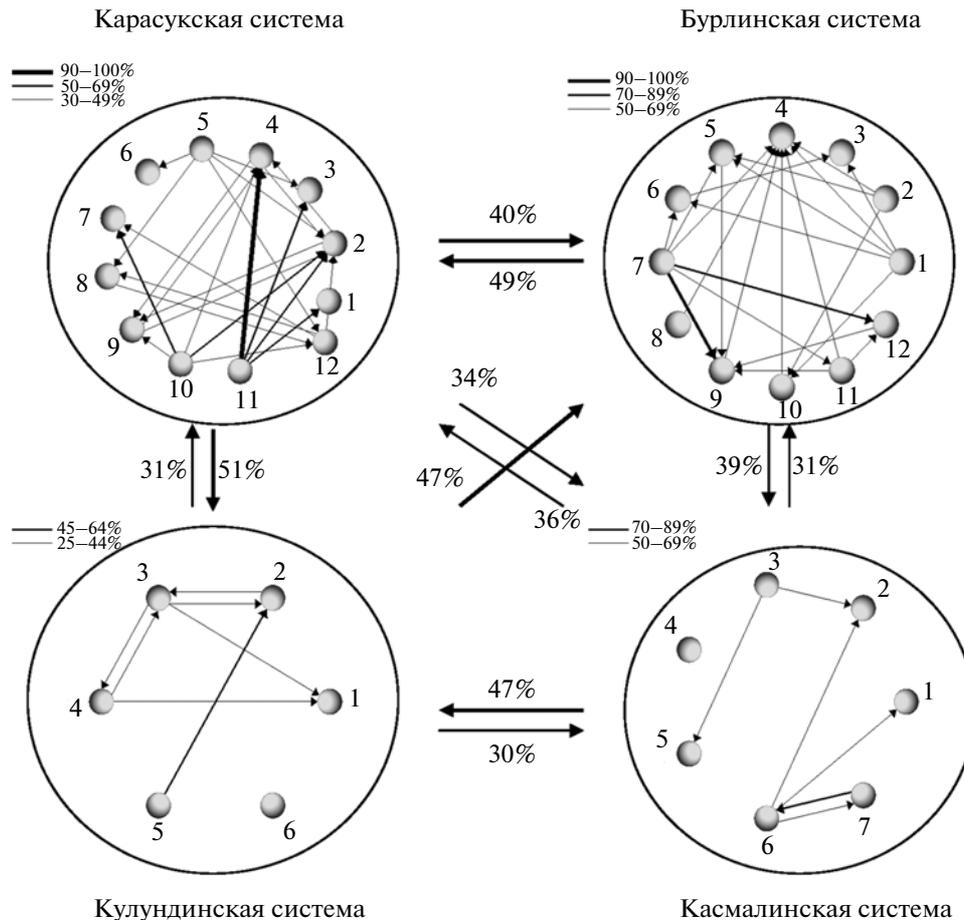


Рис. 2. Ориентированные мультиграфы бинарных отношений на множестве мер включения описания донных сообществ изученных озер по наличию видов (нумерацию озер см. в табл. 2).

(29 видов, из которых 23 – хирономиды), встречались также стрекозы, поденки, клопы, ручейники и жуки. Донное население озер носило хирономидный характер (они отмечены в 95% проб). Наибольшее число видов макробеспозвоночных выявлено в озерах Астроным (28 видов), Кривое (22) и Титово (21). Фаунистическое сходство бентоса исследованных озер в целом высоко – сходство на уровне 60% и более характерно для 6 пар озер. Наибольшее сходство донных беспозвоночных выявлено для оз. Чебаченок с оз. Кротово и Астроным, что, вероятно, объясняется малым количеством видов, выявленных в первом озере (рис. 2). Плотность и биомасса донных беспозвоночных изученных водоемов характеризовались значительным разбросом значений. Биомасса колебалась в разных озерах от 0.09 до 29.8 г/м², плотность – от 0.03 до 15.9 тыс. экз/м². Минимальные значения плотности и биомассы отмечены для озера Студеное (35 экз/м²; 0.35 г/м²) и Большое Горькое (139 экз/м²; 0.09 г/м²). Максимальные

значения биомассы зафиксированы в оз. Титово (29.8 г/м²).

В составе бентоса исследованных озер Burlinskaya системы выявлено 76 видов донных беспозвоночных из восьми классов: нематоды, малощетинковые черви, пиявки, мшанки, двусторчатые и брюхоногие моллюски, ракообразные и насекомые. Амфибиотические насекомые составили 82.9% от числа обнаруженных таксонов (68 видов). Большая часть (32 вида) принадлежала к отряду двукрылых, 36 видов – стрекозы, поденки, клопы, жуки, бабочки и ручейники. Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (23 вида), представленные в основном подсем. Chironominae. Кроме того, в составе донной фауны озер отмечены 3 вида олигохет, 7 – моллюсков, 2 – ракообразных, по одному виду мшанок и нематод. Наибольшее число видов донных беспозвоночных выявлено в озерах Верхнее (28) и Песчаное (26). Расчет мер включения видового состава донных беспозвоночных озер Burlinskaya системы показал их высокую степень сходства. Для

большинства озер характерна связь на уровне 50–69%, максимальная степень сходства отмечена для пар озер Малое Топольное – Хорошее и Малое Топольное – Песчаное, наиболее оригинальным оказался состав бентоса оз. Верхнее (см. рис. 2). Озера Бурлинской системы характеризовались высокими показателями плотности и биомассы донных беспозвоночных. Большая часть озер соотвествовала умеренному и среднему уровням развития. Биомасса колебалась в разных озерах от 0.07 до 60.98 г/м². Минимальные значения плотности и биомассы отмечены для оз. Большое Топольное, максимальные – оз. Хомутиное.

Небольшое видовое разнообразие характерно для водоемов Кулундинской системы – здесь выявлено 37 видов донных беспозвоночных из 4 классов, при этом преобладают виды из класса насекомых. Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (25 видов, из них 18 – хирономиды), также встречались стрекозы, поденки, жуки и ручейники. Максимальное число видов выявлено в оз. Батовое (28), в остальных озерах оно не превышало 11. В целом донные сообщества Кулундинских озер носили хирономидный характер (они отмечены в 83% проб). Фаунистическое сходство исследованных озер в целом невысоко. Расчет мер включения видового состава донных сообществ показал низкую степень сходства между исследуемыми озерами; наиболее близки по видовому составу оказались озера Чернаково и Кривое (см. рис. 2). Биомасса донных беспозвоночных в разных озерах колебалась от 0.28 г/м² до 14.36 г/м². В целом отмечалось повышение биомассы в прибрежье (3.3–14.36 г/м²) и небольшая биомасса донных беспозвоночных в открытой части (0.28–0.9 г/м²).

В обследованных озерах Касмалинской системы выявлено 67 видов донных беспозвоночных из 4 классов. Максимальное число видов пришлось на долю насекомых, среди них наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (36 видов, из них 26 – хирономиды), а также встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы, ногохвостки, бабочки. По плотности и биомассе наибольшее значение имели донные беспозвоночные из сем. Chironomidae (отмечены в 89% проб), из них доминировали личинки рода *Chironomus* (51.7%), субдоминировали комары-мокрецы сем. Ceratopogonidae (48.2%). Частота встречаемости других таксонов не превышала 14%. Максимальное число видов донных беспозвоночных выявлено в озерах Мельничное (28) и Угловое (23). Беднее по видовому составу оказались содовые озера Пресное (5) и без названия (3). Фаунистическое сходство озер этой системы, как и в озерах Кулундинской системы, оказалось невысоким. Расчет мер включения видового состава макробеспозвоночных исследованных озер показал низкую сте-

пень сходства – для большинства озер она не превысила 50–69% (см. рис. 2). Наиболее близки по видовому составу донных беспозвоночных содовые озера Пресное и без названия, в которых степень сходства составила 70–89%, что, вероятно, обусловлено сходством их гидрологических и гидрохимических характеристик.

Всего в исследованных озерах выявлено 146 видов донных беспозвоночных из 8 классов. 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.

Уровень развития донных сообществ озер в глубоководной части водоемов менялся от ультраолиготрофного до олиготрофного, в зоне прибрежья в большинстве случаев он изменялся от олиготрофного до бета-мезотрофного (табл. 1).

Большое количество выделенных видов предполагает высокое разнообразие систематических групп и экологических группировок бентоса. Олигохеты в составе донных сообществ изученных озер немногочисленны по видовому составу и представлены широко распространенными эврибионтными видами *Chaetogaster* sp. и *Stylaria lacustris* L., что, вероятно, объясняется негативным воздействием на них солоноватых вод. Снижение видового разнообразия олигохет при возрастании минерализации также отмечено в Чановской озерной системе и озерах Австрии (Экология..., 1986; Wolfram et al., 1999).

Среди моллюсков широко распространены фитофильные виды, обычные для небольших стоячих или слабопроточных постоянных водоемов. Большинство видов относится к брюхоногим моллюскам – в основном это представители сем. Planorbidae и Lymnaeidae.

Из поденок и ракообразных в исследованных озерах найдены широко распространенные виды, обитающие преимущественно в стоячих водоемах, – *Caenis miliaria* Thernova и *Gammarus lacustris* Sars.

Ручейники представлены лимнофильными и птамофильными видами: фитофилы *Neureclipsis* sp., gr. *bimaculata*, *Ecnomus tenellus* Rambur, *Pryganea bipunctata* Retzius, *Triaenodes* sp., *Limnephilus rhombicus* L., *Agripnia obsoleta* Hagen, *Agraylea multipunctata* Curtis, *Orthotrichia* sp., *Leptocerus* sp., *Mystacides longicornis* L., *Oecetis* sp., а также факультативный псаммофил *Molanna albicans* Zetterstedt.

Фаунистическое сходство изученных систем озер оказалось невысоким: каждая озерная система отличается своеобразием состава донного населения. Наименьшее количество видов характерно для Кулундинской системы, что выявил

Таблица 1. Основные характеристики сообществ донных беспозвоночных исследованных систем озер юга Обь-Иртышского междуречья (2008–2011 гг.)

Система озер	Число видов	Доминирующие виды по частоте встречаемости	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Средняя плотность $\bar{X} \pm S\bar{X}$, тыс. экз/м ²		Средняя биомасса $\bar{X} \pm S\bar{X}$, г/м ²	
				прибрежье	открытая часть	прибрежье	открытая часть
Карасукская	65	<i>Chironomus</i> sp., <i>Procladius ferrugineus</i> Kiffer, <i>Poly-pedilum</i> гр. <i>nubeculosum</i>	1.4 ± 0.2	1.6 ± 0.8	1.38 ± 0.3	5.5 ± 1.9	0.71 ± 0.2
Бурлинская	76	<i>Chironomus</i> sp., <i>Fleuria lacustris</i> Kiffer	1.2 ± 0.1	7.5 ± 4.2	15.8 ± 10	7.6 ± 3.5	10.4 ± 4.4
Кулундинская	37	<i>Chironomus</i> sp., <i>Poly-pedilum</i> sp. <i>nubiculosum</i>	1.2 ± 0.3	8.7 ± 7.9	0.6 ± 0.3	6.7 ± 2.3	1.2 ± 0.2
Касмалинская	67	<i>Chironomus</i> sp., <i>Spherotias pictus</i> Meig.	1.0 ± 0.2	2.9 ± 1.0	1.3 ± 0.5	4.1 ± 1.0	1.5 ± 0.7

Таблица 2. Уровни развития сообществ донных беспозвоночных исследованных озер юга Обь-Иртышского междуречья по шкале С.П. Китаева (1986)

Уровень развития	Система			
	Карасукская	Бурлинская	Кулундинская	Касмалинская
Самый низкий	Б. Горькое (2*), Гусиное (3), Кротово (5), Песчаное (8), Студеное (9), Хорошонок(11), Чебаченок (13), Шкалово (14)	Б. Топольное (3), Кривое (6), М. Топольное (7)	Лена (3)	Б. Островное (3)
Низкий	—	Б. Пустынное (2)	Кривое (2), Кулундинское (6)	Горькое (2), Ледорезное (4), Пресное (6)
Умеренный	Чаган (12)	Кабанье (5), Нижнее (8), Хорошее (12)	Чернаково (5)	без названия (7), Мельничное (5), Угловое (1)
Средний	Астродым (1), Кривое (4), Кусган (6), Мелкое (7)	Большое (1)	—	—
Повышенный	—	Верхнее (4), Песчаное (9)	Батовое (1), Мостовое (4)	—
Высокий	Титово (10)	Прыганское (10)	—	—
Очень высокий	—	Хомутиное (11)	—	—

* В скобках номера озер на рис. 2.

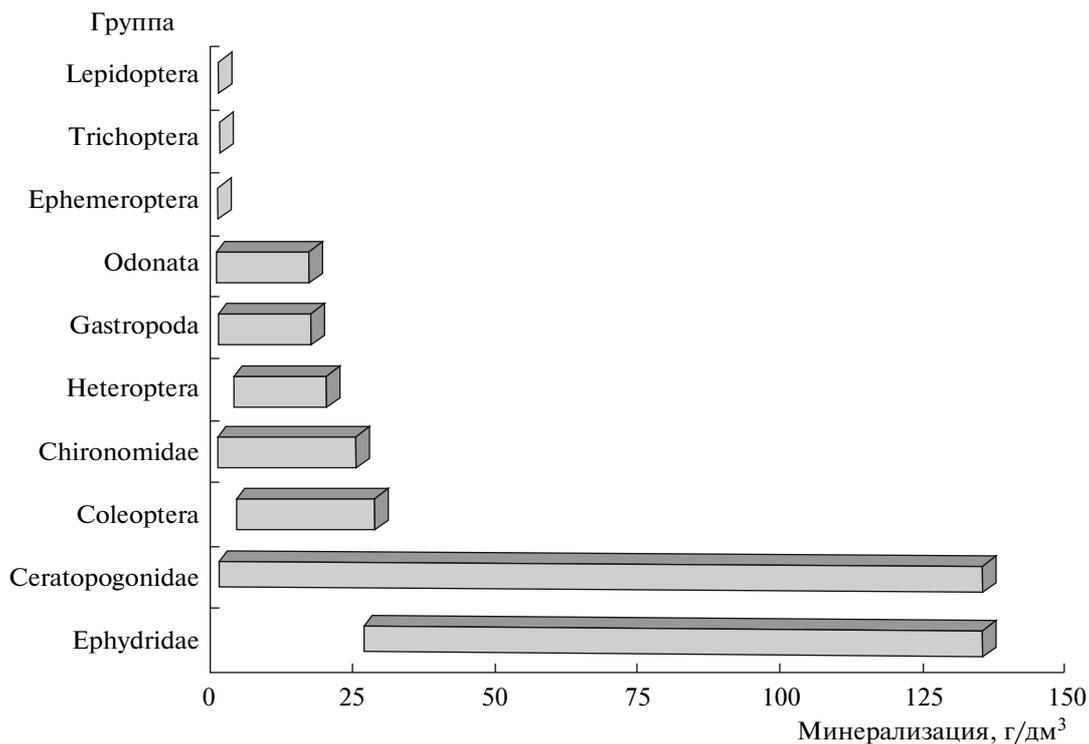


Рис. 3. Галотолерантность основных таксономических групп донных беспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья.

анализ мер включения. Это привело к тому, что ее фауна в большей мере вошла в фауны Карасукской и Бурлинской систем.

Классы биомассы донных беспозвоночных большинства озер по шкале С.П. Китаева (1986) изменялись от “очень низкого” до “среднего”, что соответствует олиготрофному – бета-мезотрофному типам водоемов. “Повышенный”, “высокий” и “очень высокий” классы характерны для некоторых озер бессточных областей Кулундинской, Карасукской и Бурлинской систем (табл. 2).

Подобная картина распределения донных сообществ характерна и для других озерно-речных систем юга Обь-Иртышского междуречья (Чановская, Барнаульская), что обусловлено характером и распределением грунтов, особенностями гидрологического и гидрохимического режима конкретных водоемов (Безматерных, 2005, 2008; Мисейко, 1982).

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 существенно влияет на таксономический состав гидробионтов – при ее увеличении количество видов в озерах, как пра-

вило, убывает (Williams, 1998). Нами установлено, что наибольшая устойчивость к высоким уровням минерализации характерна для личинок из семейств двукрылых: Ephydriidae и Ceratopogonidae (рис. 3), особенно 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 (Alcocer et al., 1997; Hammer et al., 1990; Williams et al., 1990). Кроме того, установлено, что при возрастании минерализации в составе донных сообществ исследованных озер увеличивалась доля гетеротопных видов и уменьшалась доля гомотопных.

Значительное влияние на изученные донные сообщества оказывает также характер донных отложений. В исследованных озерах максимальное их развитие характерно для илов (6.1 ± 1.6 г/м²), а заиленные пески (2.6 ± 1.2 г/м²) и пески (2.2 ± 0.7 г/м²) имеют меньшую биомассу.

W.D. Williams (1998) указывал на комплексный характер фактора минерализации воды, так как влияние минерализации может определяться не только ее уровнем, но и соотношением основных ионов в воде. Для установления относительной

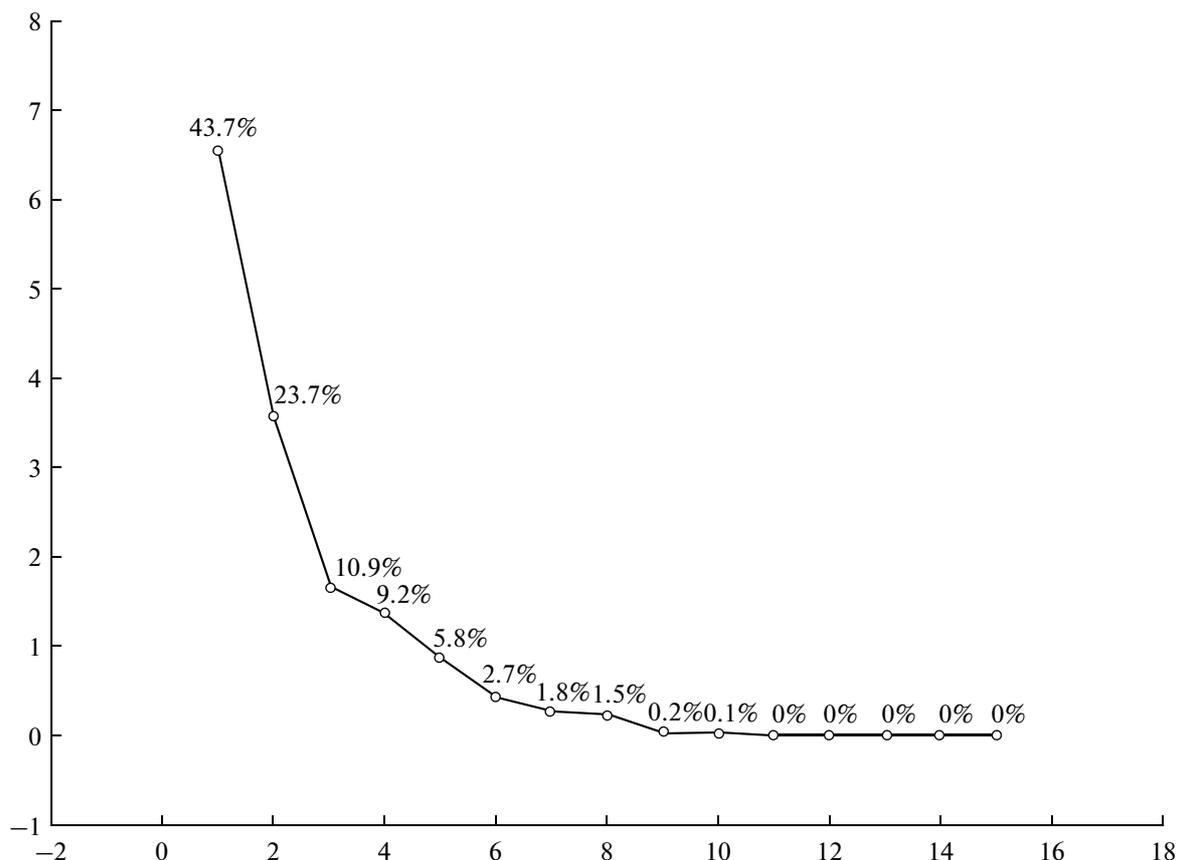


Рис. 4. Результаты анализа влияния экологических факторов на биомассу донных сообществ озер юга Обь-Иртышского междуречья методом главных компонент (Principal Component & Classification Analysis): на осях – собственные номера значений (факторов) матрицы корреляций.

роли различных экологических факторов на формирование сообществ изученных озер нами проанализировано влияние 20 факторов: четырех физических (глубина, грунт, прозрачность, температура) и 16 гидрохимических (pH; O₂; биологическое потребление кислорода; CO₃²⁻; HCO₃⁻; Cl⁻; SO₄²⁻; жесткость; Ca²⁺; Mg²⁺; ΣNa⁺+K⁺; Σ ионов; перманганатная окисляемость; NH₄⁺; NO₂⁻; NO₃⁻). Анализ перечисленных факторов выявил достоверную отрицательную корреляцию общей биомассы донных беспозвоночных с концентрацией NH₄⁺ ($r = -0.56$; $p = 0.04$), что, видимо, является реакцией донных организмов на повышенное содержание продуктов разложения органики в водоемах. Кроме того, выявлена корреляция между биомассой гомотопных видов с прозрачностью воды ($r = 0.58$; $p = 0.02$), общей минерализацией ($r = -0.63$; $p = 0.01$) воды и рядом гидрохимических показателей (CO₃²⁻; HCO₃⁻; Cl⁻;

SO₄²⁻; Ca²⁺; ΣNa⁺+K⁺), которые в основном определяют соленость воды.

Проведенный факторный анализ показал достоверное влияние на биомассу донных беспозвоночных таких показателей, как грунт ($F = 5.7$; $p = 0.02$), прозрачность ($F = 6.1$; $p = 0.007$) и минерализация воды ($F = 8.8$; $p = 0.007$). Для выявления значимых факторов нами также был использован метод главных компонент. Данный метод позволил сгруппировать все предложенные факторы в несколько групп (рис. 4). Значительное влияние на биомассу беспозвоночных оказывают первые три фактора. Основную долю первого фактора составили гидрохимические показатели, определяющие соленость воды (Cl⁻; SO₄²⁻; жесткость, Ca²⁺; Mg²⁺; ΣNa⁺+K⁺; Σ ионов). Во вторую группу факторов вошли карбонаты (CO₃²⁻). Третий фактор образовали физические факторы среды: прозрачность и температура.

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 не только уменьшаются видовое разнообразие и биомасса, но и происходит перестройка таксономической и экологической структур.

ВЫВОДЫ

1. В исследованных озерах выявлено 146 видов донных беспозвоночных из 8 классов: Nematoda (1 вид), Oligochaeta (3), Hirudinea (4), Phylactolemata (1), Bivalvia (1), Gastropoda (10), Crustacea (2), Insecta (124). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (66 видов, из них 45 – хирономиды), встречались также жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы, ногохвостки и бабочки. Доминирующей таксономической группой в озерах были личинки комаров-звонцов (Chironomidae), субдоминировали личинки комаров-мокрецов (Ceratopogonidae).

2. Наибольшее сходство таксономического состава донных сообществ отмечено для озерных систем рек Карасук и Кулунда, расположенных в области замкнутого стока; наиболее оригинальной оказались фауны озер Бурлинской и Карасукской систем.

3. Изученные озера характеризовались значительным разбросом значений плотности и биомассы донных беспозвоночных. Наименьшие значения отмечены для некоторых озер Касмалинской системы, где уровень их развития изменялся от олиготрофного до бета-мезотрофного. Максимальные значения плотности и биомассы донных беспозвоночных выявлены для озер Бурлинской системы.

4. Анализ влияния экологических факторов на уровень развития донных беспозвоночных показал, что наибольшее влияние на них оказывают гидрохимические факторы, определяющие общую минерализацию воды, и такие физические факторы, как грунт и прозрачность воды.

5. При увеличении минерализации уровень развития сообществ донных беспозвоночных снижается, увеличивается доля гетеротопных видов и уменьшается – гомотопных. Наибольшая устойчивость к высоким уровням минерализации отмечена для личинок двукрылых из семейств Ceratopogonidae и Ephydriidae.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН за помощь в отборе и обработке проб донных беспозвоночных. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 08-05-98019-р_сибирь_a) и проекта Президиума РАН № 16.14.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1953. 232 с.
- Андреев В.Л.* Классификационные построения в экологии и систематике. М.: Наука, 1980. 142 с.
- Баканов А.И.* Количественная оценка доминирования в экологических сообществах / Рук. деп. в ВИНТИ 08.12.1987. № 8593-В87. 63 с.
- Безматерных Д.М.* Состав, структура и количественная характеристика зообентоса озера Чаны в 2001 году // Сибирский экол. журн. 2005. № 2. С. 249–254.
- 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.
- Безматерных Д.М.* Зообентос равнинных притоков Верхней Оби. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2008. 186 с.
- Безматерных Д.М., Чернышкова К.В., Марусин К.В.* Современное состояние и многолетняя динамика зообентоса озера Чаны // Проблемы региональной экологии. 2008. № 6. С. 43–49.
- Березовский А.И.* Рыбное хозяйство на Барабинских озерах и пути его развития. Красноярск: Изд-во Барабинского окружного исполнительного комитета, 1927. 68 с.
- Благовидова Л.А.* Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири // Гидробиол. журн. 1973. Т. 9. № 1. С. 55–61.
- Водоемы Алтайского края. Новосибирск: Наука, 1999. 285 с.
- Зверева О.С.* Опыт рекогносцировочного обследования озер по Омскому и Славгородскому округам Сибирского края // Тр. Сиб. науч. рыбохоз. станции. Красноярск, 1930. Т. 5. Вып. 2. 90 с.
- 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: Сб. статей. Барнаул: Азбука, 2008. Вып. 2. С. 237–254.
- Кириллов В.В., Зарубина Е.Ю., Котовицков А.В.* и др. Состав и структура водных экосистем бассейна реки Бурлы в 2010 году // Наука – Алтайскому краю: Сб. статей. Барнаул: Алтайский дом печати, 2010. Вып. 4. С. 239–252.
- 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: Сб. статей. Барнаул: Азбука, 2009. Вып. 3. С. 311–333.
- Китаев С.П.* О соотношении некоторых трофических уровней и “шкалах трофности” озер разных природных зон // V съезд Всерос. гидробиол. об-ва: Тезисы докл. Ч. 2. Куйбышев, 1986. С. 254–255.
- Мисейко Г.Н.* Видовой состав и динамика зообентоса оз. Чаны // Гидробиол. журн. 1982. Т. 2. Вып. 5. С. 72–76.
- Озеро Убинское (Биологическая продуктивность и перспективы рыбохозяйственного использования) / Под ред. Б.Г. Иоганзена, А.А. Ростовцева. Санкт-Петербург, 1994. 144 с.
- Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. Новосибирск: Наука, 1982. 246 с.
- Пирожников П.Л.* К познанию озера Сартлан в лимнологическом, гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении // Тр. Сиб. науч. рыбохоз. станции. Красноярск, 1929. Т. 4. Вып. 2. 110 с.

Пульсирующее озеро Чаны. Л.: Наука, 1982. 304 с.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С. 164–173.

Экология озера Чаны / Под ред. Б.Г. Иоганзена, Г.М. Кривошекова. Новосибирск: Наука, 1986. 270 с.

Alcocer J., Lugo A., Escobar E., Sa'nchez M. The macrobenthic fauna of a former perennial and now episodically filled Mexican saline lake // Intern. J. of Salt Lake Research. 1997. V. 5. P. 261–274.

Hammer U.T., Sheard J.S., Kranabetter J. Distribution and abundance of littoral benthic fauna in Canadian prairie saline lakes // Hydrobiologia. 1990. V. 197. P. 173–192.

Williams W.D. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // Hydrobiologia. 1998. V. 381. P. 191–201.

Williams W.D., Boulton A.J., Taaffe R.G. Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale? // Hydrobiologia. 1990. V. 197. P. 257–266.

Wolfram G., Donabaum K., Schagerl M., Kowarc V. The zoobenthic community of shallow salt pans in Austria – preliminary results on phenology and the impact of salinity on benthic invertebrates // Hydrobiologia. 1999. V. 408/409. P. 193–202.