

значительным повышением уровней воды, приводят к затоплению территорий (в том числе и за пределами водоохранной зоны), ранее не подвергавшихся или редко подвергавшихся затоплению. Оценка вероятности возникновения и интенсивности экстремальных гидрологических ситуаций необходима для выработки мероприятий по предотвращению или уменьшению возможных негативных воздействий на качество воды рек. Причины возникновения экстремальных гидрологических явлений зависят от природных и антропогенных особенностей конкретного водосборного бассейна. Для рек Республики Алтай основными причинами являются половодье и паводки низкой обеспеченности, а также заторные явления и связанные с ними заторные наводнения.

6. Заключение

Библиографический список

1. Российская Федерация. Законы. Водный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 03 июня 2006 г. №74-ФЗ // Собр. зак-ва РФ. – 2006. – № 23. – Ст. 2381.
2. Российская Федерация. Законы. О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации: федер. закон от 03 июня 2006 г. №73-ФЗ // Собр. зак-ва РФ. – 2006. – № 23. – Ст. 2380.
3. Российская Федерация. Законы. Водный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 16 ноября 1995 г. №167-ФЗ // Собр. зак-ва РФ. – 1995. – № 47. – Ст. 4471.
4. Проект водоохраных зон и прибрежных защитных полос реки Издревая: гос. контракт: № 05-54-349-9 / ИВЭП СО РАН; рук. Винокуров Ю.И.; исполн.: Жерелина И.В. [и др.]. – Барнаул, 2005. – 85 с.
5. Жерелина, И.В. Опыт и проблемы проектирования водоохраных зон в современных условиях (бассейн Верхней Оби) / И.В. Жерелина, Н.В. Стоящева, А.А. Поляков, В.И. Кормаков // Водоохраные зоны: опыт практического применения и целесообразность развития: сб. докл. научно-практ. семина. ФАВР / НИА "Природа". – М., 2006. – С. 57-79.
6. Антипов, А.Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории / А.Н. Антипов, В.Н. Федоров – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 254 с.
7. Проект водоохраных зон и прибрежных защитных полос рек Обь, Барнаулка, Пивоварка, Власиха в пределах земель г. Барнаула: отчет о НИР (заключ.): №10-02 / ИВЭП СО РАН; рук. Винокуров Ю.И.; исполн.: Жерелина И.В. [и др.]. – Барнаул, 2002. – 140 с.
8. Рождественский, А.В. Статистические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А.И. Чеботарев; – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 424 с.
9. Крицкий, С.Н. К вопросу об оценке вероятной повторяемости гидрологических величин / С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель // Метеорология и гидрология. – 1957. – №3. – С. 52-53.
10. Расчет аналитических кривых обеспеченности (Гидростатистика): св. об офиц. рег. прогр. для ЭВМ №2000610667, Российская Федерация, Институт водных и экологических проблем СО РАН / Жоров В.А., Воробьев Е.К., Ловцкая О.В., Яковченко С.Г. – Явл. 13.06.2000; Зарег. 20.07.2000.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Выпуск 1. Горный Алтай и Верхний Иртыш. Часть 1. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1969. – 317 с.

Материал поступил в редакцию 03.12.07.

УДК 556.11

Д.М. Безматерных

Уровень минерализации воды как фактор формирования зообентоса озер Барабинско-Кулундинской лимнобиологической области

В статье показано влияние уровня минерализации воды на таксономический состав и биомассу зообентоса озер. Выявлено, что с увеличением минерализации воды часть таксонов зообентоса элиминирует, а оставшиеся эврибионтные виды приспосабливаются к новым условиям среды. К эврибионтным организмам относятся личинки мух-береговушек, хирономид и частично мокрецов. К стеногадным организмам относятся ракообразные, стрекозы, брюхоногие и двусторчатые моллюски, пиявки и личинки ручейников, встречающиеся в олигогалинных, и частью в мезогалинных озерах. Минерализация воды оказывает существенное влияние на состав и структуру зообентоса, при ее увеличении >3 г/л таксономическое разнообразие и уровень развития донных беспозвоночных, как правило, падает.

По солевому составу озера Барабинско-Кулундинской области самые разнообразные, от пресных до горько-соленых. На долю соленых озер приходится около 10% общей площади зеркала, при этом наибольшее их количество находится в Прииртышской части бассейна (рис. 1). Отличительная особенность озер этого региона – малая глубина озерных котловин. Основная масса озер относится к средним и малым озерам

Выполненные в условиях действия нового Водного кодекса РФ работы по установлению границ ВЗ и ПЗП на отдельных участках рек Республики Алтай позволяют сделать следующее заключение: перечень гидрологической работ существенно зависит от гидрологической изученности водного объекта, с одной стороны, и от степени устойчивости русла реки, с другой стороны. В последнем случае существенно возрастает роль исследований русловых процессов на рассматриваемом участке реки для прогноза плановых русловых деформаций и их учета при установлении границ ВЗ и ПЗП. Перечень гидрологических работ может быть расширен при необходимости учета взаимного экологического влияния водного объекта и прилегающей территории в случае опасных гидрологических ситуаций (половодья, паводки, заторные наводнения).

с площадью от 200 до 2000 га, но имеются и крупные озера – Чаны, Убинское, Сартлан, Кулундинское [13].

Степень изученности гидробиологических характеристик отдельных озер и групп озер значительно отличается. По большей части малых озер подобные сведения отсутствуют, по многим имеются отрывочные рекогносцировочные данные, относящиеся к первой половине XX века [3, 8]. Лучше изучены крупные солонова-

товодные водоемы и системы озер, имеющие рыбопромысловое значение, по некоторым из них изданы монографии, характеризующие основные компоненты их экосистем [5, 10, 11, 12, 14, 17], обобщающих работ по зообентосу этих озер нет.

Экосистемы озер этой области подвержены цикличе-

ским сукцессиям [9], которые определяются соответственной цикличностью гидрологического режима озер, обоснованной А.В. Шнитниковым [14]. Периодические падения уровня воды в озерах сопровождаются усилением заморных явлений и повышением минерализации, поэтому биологический режим озер непостоянен.

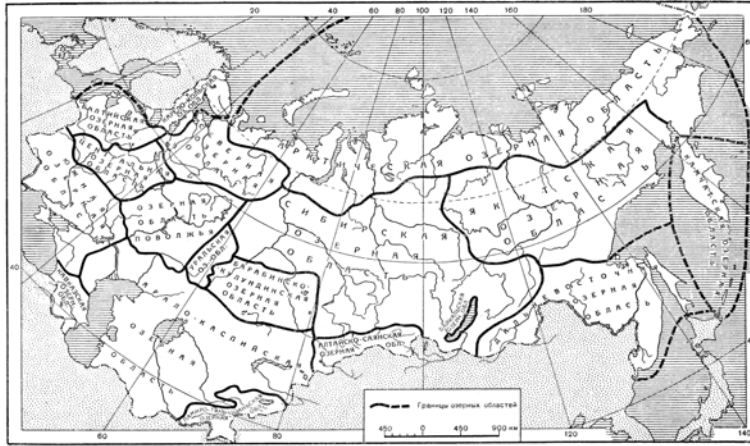


Рис. 1. Карта лимнобиологических областей России и сопредельных государств (по [7])

Из всего многообразия факторов среды в Барабинско-Кулундинских озерах наиболее значимыми для развития зообентоса, по мнению Л.А. Благовидовой [4] и Л.Л. Сипко [15], являются степень минерализации, распределение водной растительности и характер зимнего кислородного режима. Для большинства озер юга Западной Сибири эти показатели нестабильны и изменяются в зависимости от водного режима. В данной работе рассмотрено влияние минерализации (как наиболее важного фактора для озер этого региона) на состав, структуру и обилие зообентоса, что является продолжением ранее проведенных нами исследований [1, 2].

Как правило, беспозвоночные, населяющие внутренние воды подразделяют на четыре группы: 1) пресноводные виды, обитающие при минерализации менее 3 г/л, среда их обитания – пресные, или олигогалинные (до 0,5 г/л) и солоноватые, или субгалинные воды (0,5-3 г/л); 2) пресноводные солевыносливые виды, которые обитают при минерализации до 15 (20) г/л (гипогалинные воды); 3) галофильные виды, встречающиеся главным образом в соленой воде до 50 г/л (мезогалинные воды), но иногда и в пресных водах; 4) виды – галобионты, ограниченные соленостью 50-300 г/л (гипрегалинные воды) [19].

Материалы и методы

Качественные сборы зообентоса проводили сачком или скребком, количественные сборы – штанговым дночерпателем ГР 91-000 ТО в двух повторностях. Извлеченный грунт промывали через газ № 25, отмытую часть пробы с оставшимися организмами перекладывали в кюветы. Пробы просматривали по частям, выбирали обнаруженные в ней организмы и фиксировали их 70% этанолом. Обработка проб проведена в камеральных условиях под МБС-10, все организмы подсчитывали и взвешивали на торсионных весах ВТ-500. Минерализацию воды определяли в полевых условиях при помощи комплексного анализатора АНИОН-7051.

Настоящая работа выполнена в рамках комплексных лимнологических исследований проводимых Институтом водных и экологических проблем СО РАН. В июле-августе 2002–2003 гг. были обследованы 65 озер Новосибирской области с минерализацией воды от 0,148 до 307 г/л (на момент отбора проб), более подробные ха-

рактеристики озер приведены в работе [6].

Результаты и их обсуждение

Развитие истинных зообентонтов (без учета фитофильных личинок мух-береговушек сем. Ephydriidae) отмечено в 56 обследованных озер с минерализацией до 95,1 г/л (оз. Тухлое). Показатели численности и биомассы зообентоса изученных озер колебались в значительных пределах: от полного отсутствия в высокоминерализованных водоемах, до 10500 экз./м² (оз. в окрестностях с. Камышино, минерализация 2,98 г/л) и 187 г/м² (оз. Астродым, минерализация 2,20 г/л).

Наибольшая устойчивость к высоким уровням минерализации отмечена для обитающих на кладофоре личинок мух-береговушек (Diptera: Ephydriidae), они встречаются при солёности от 1,84 до 288,3 г/л (в качестве перифитона на кладофоре), но наибольшего обилия они достигают при минерализации более 95,1 г/л.

Большая экологическая пластичность присуща личинкам хирономид (Diptera: Chironomidae), они встречаются в озерах с минерализацией от 0,148 до 11,3 г/л, но наибольшего развития они достигают в гораздо более узком диапазоне: 0,222-2,79 г/л.

Немногом меньшую эвригалинность демонстрируют водные клопы (Heteroptera) и жуки (Coleoptera): от 0,181 до 11,3 г/л, но максимальное обилие жуков приходится на диапазон минерализации 0,181-0,834 г/л, а клопов 1,76-3,09 г/л.

Далее по устойчивости к фактору солёности следуют ракообразные (бокоплав *Gammarus lacustris* L.). Он отмечен при минерализации от 0,148 до 5,26. Наибольшего развития гаммарусы достигали при солёности 0,539-0,981 г/л.

Немногом меньшую устойчивость удалось выявить для водяных пауков (*Argyroneta aquatica* Cl., *Dolomedes fimbriatus* Cl.), они обнаружены при солёности от 0,222 до 5,26 г/л.

Достаточно высокую пластичность обнаружили у личинок стрекоз, их можно было встретить при минерализации от 0,279 до 5,26 г/л. Причем, характерного максимума развития при определенном уровне солёности выявить не удалось. По-видимому, на их развитие оказывает существенное влияние иные факторы (развитие макрофитов). Из моллюсков наибольшую устойчивость к солёности воды продемонстрировали брюхоногие: они

обычны при минерализации от 0,148 до 4,68 г/л, но наиболее комфортным уровнем для них является 0,279–1,843 г/л. При увеличении солености из моллюсков остаются легочные – прудовики и катушки (*Pulmonata*: *Lymnaea*, *Planorbis*), причем прудовик большой *Lymnaea stagnalis* L. является наиболее устойчивым.

Более стеногалинны двустворчатые моллюски, они встречаются при минерализации от 0,18 до 3,3 г/л, но оптимальный диапазон гораздо меньше – 0,523–0,981 г/л.

Такую же устойчивость к минерализации демонстрируют личинки мокрецов (*Diptera*: *Ceratopogonidae*). Несмотря на то, что они встречаются в озерах с минерализацией от 0,181 до 3,30 г/л, существенного развития они достигают при наибольших ее значениях (2,79–3,30 г/л).

Личинки ручейников (*Trichoptera*) и поденок (*Ephemeroptera*) обладают приблизительно одинаковой галотолерантностью. Ручейники встречены в озерах с минерализацией 0,181–3,09 г/л, наибольшее обилие при 0,523–2,785 г/л. Для поденок эти цифры составили 0,181–2,98 и 0,181–0,684, соответственно.

Еще меньший диапазон галотолерантности выявлен для водяных клещей. Они отмечены в озерах с минерализацией от 0,684 до 2,98 г/л. Низкая устойчивость к высокой минерализации выявлена у кольчатых червей. Так, для пиявок диапазон встречаемости составил 0,148–1,13 г/л, причем максимальная численность отмечена в пределах 0,222–0,539 г/л. Для олигохет (сем. *Tubificidae*) этот диапазон еще более узок 0,640–1,48 г/л.

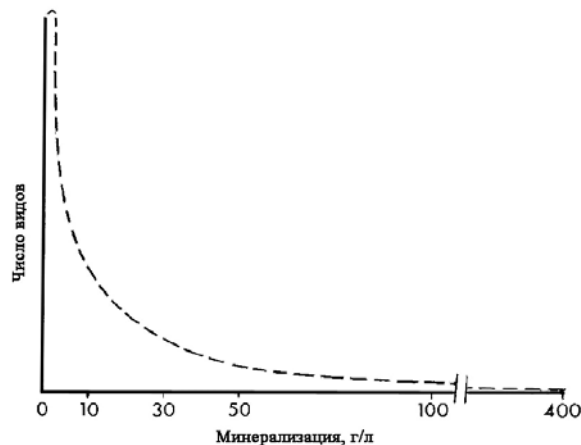


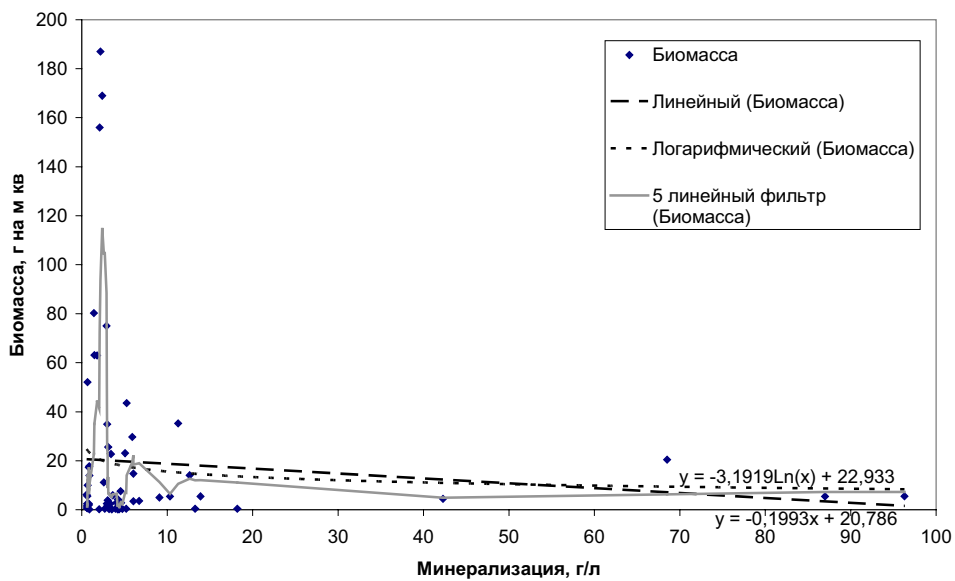
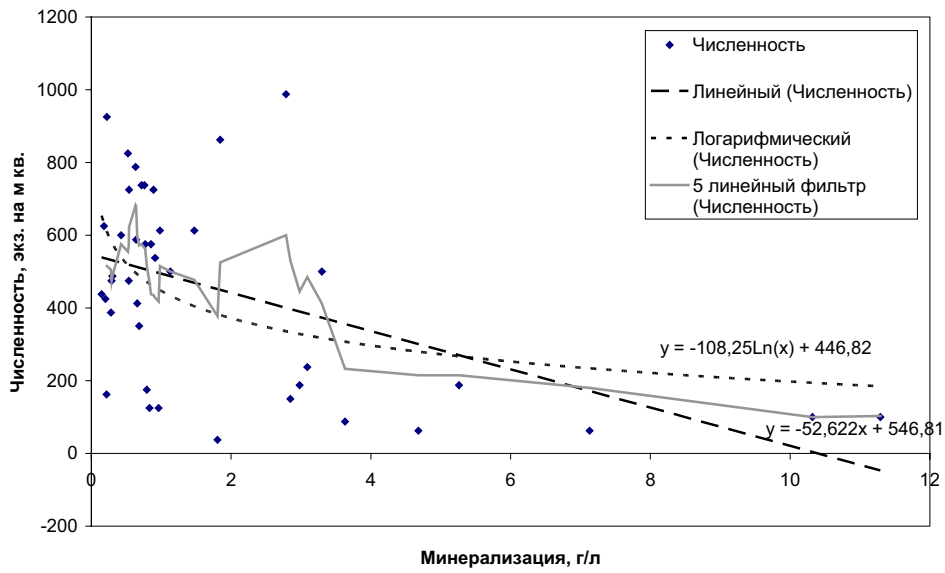
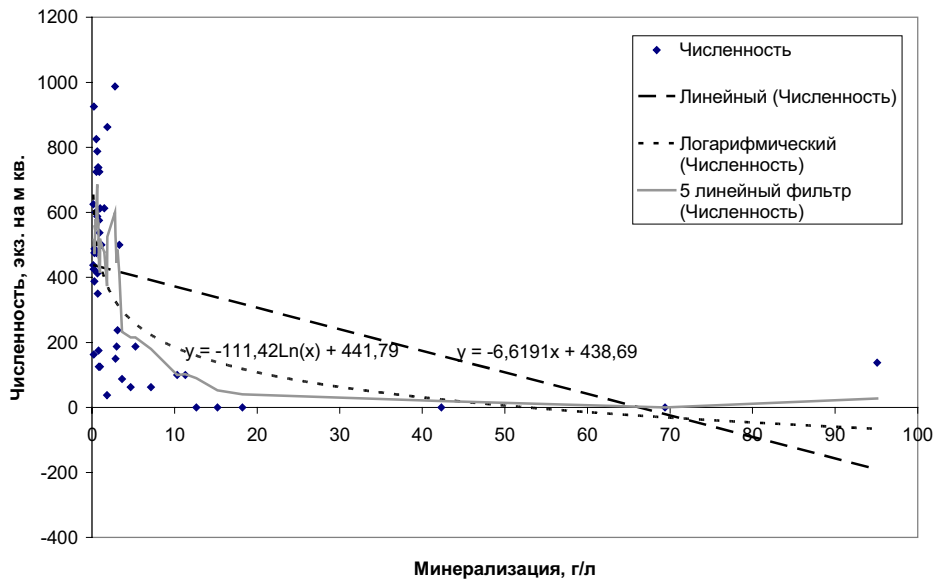
Рис. 2. Модель отношения между таксономическим разнообразием и соленостью (по [19]).

Подобным образом происходит изменение численности и биомассы зообентоса на градиенте минерализации (рис. 3). Как видно из графика, биомасса зообентоса максимальных значений достигает в диапазоне минерализации 1–3 г/л (эти пики, как правило, обусловлены наличием в пробах крупных моллюсков). По всей вероятности большая минерализация лимитирует развитие зообентоса т.к. осмотические свойства воды приближаются к границе зоны критической солености – «хорогалинной зоны» [16]. Более низкие биомассы при низких уровнях минерализации (менее 1 г/л) вероятно связано с понижением концентрации биогенных элементов и обусловленным этим понижением продуктивности экосистемы в целом). Как следует из графика, максимальные значения биомассы бентоса приурочены к значительно более высокому уровню минерализации, чем таксоно-

В общем, при увеличении уровня минерализации в озерах Барабинско-Кулундинской лимнобиологической области наблюдалась тенденция к увеличению доли вторичноводных гетеротопных видов из эволюционно более продвинутых таксонов (амфибиотических насекомых: двукрылые, клопы, жуки; легочных моллюсков; пауков) и уменьшения доли первичноводных гомотопных видов из архаичных таксонов (червей). С увеличением минерализации воды часть видов зообентоса элиминировалась, а оставшиеся эврибионтные виды приспособились к новым условиям среды. Сходные тенденции для биоценозов озер этого региона ранее отметили А.А. Максимов с соавт. [9].

Наши результаты по таксономическому разнообразию зообентоса согласуются с данными [18], который показал, что разнообразие гидробионтов максимально в пресных водах, затем значительно снижается (со сдвигом в составе сообщества) при повышении минерализации в гипогалинном диапазоне. При минерализации от 15 г/л, и выше, таксономическое разнообразие уменьшается уже меньшими темпами (рис. 2). Причем наибольшая обратная корреляция видового разнообразия наблюдается в диапазоне 0,3–10 г/л. Однако, на более высоких диапазонах минерализации (10–30, 30–50, 50–100, и 100–200 г/л) достоверность корреляции значительно снижается. Несмотря на отчетливую общую тенденцию к уменьшению таксономического разнообразия при увеличении минерализации в каждом конкретном случае и, особенно, в узком диапазоне солености велика роль других экологических факторов [21, 22].

Это вероятно объясняется тем, что повышение минерализации лимитирует развитие хищных форм, уменьшение пресса которых обуславливает повышение численности и биомассы видов, относящихся к более низким трофическим уровням [20]. Имеющийся массив данных не позволил получить статистически достоверных функций зависимости от уровня минерализации. Коэффициенты корреляций аппроксимированных функций не превышали 0,5 (кроме приведенных на графиках функций рассчитывали также степенную и экспоненциальную). Это свидетельствует как о комплексности самого фактора минерализации (не учитывалось соотношение различных ионов), так и значительной роли других экологических факторов (тип грунта, растительность, кислородный режим и др.).



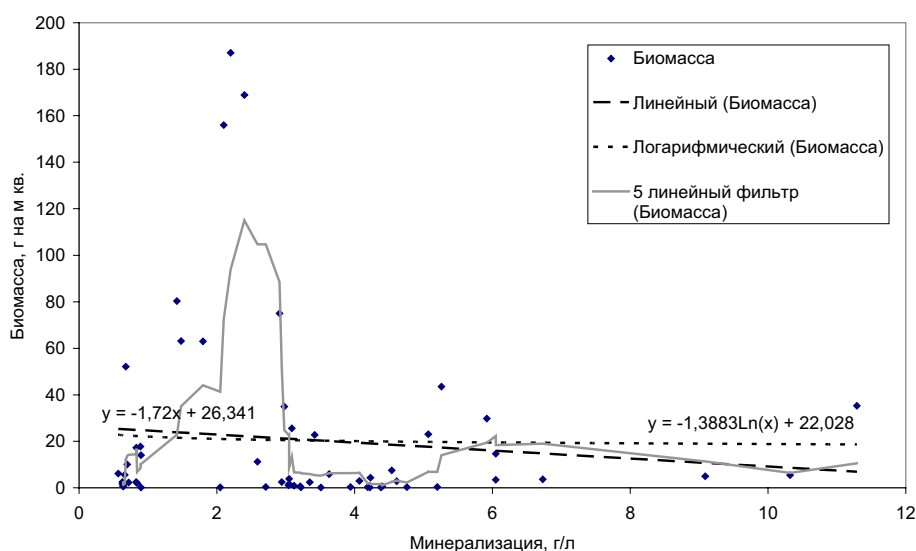


Рис. 3. Зависимость численности и биомассы зообентоса от минерализации воды в озерах Барабинско-Кулундинской области в диапазонах 0-100 и 0-12 г/л

Выводы

1. При увеличении уровня минерализации воды в озерах наблюдалась тенденция к увеличению доли вторичноводных гетеротопных видов из эволюционно более продвинутых таксонов и уменьшения доли первичноводных гомотопных видов из архаичных таксонов. При этом часть таксонов зообентоса элиминирует, а оставшиеся эвригалинные таксоны приспосабливаются к новым условиям среды.

2. К эвригалинным организмам относятся личинки мух-береговушек, хирономид и частично мокрецов. К стеногалинным организмам относятся ракообразные,

стрекозы, брюхоногие и двусторчатые моллюски, пиявки и личинки ручейников, встречающиеся в олигогалинных, и частью в мезогалинных озерах.

3. Минерализация воды оказывает существенное влияние на состав и структуру зообентоса, при ее увеличении >3 г/л таксономическое разнообразие и уровень развития донных беспозвоночных, как правило, падает.

За помощь в сборе и анализе материала выражаю искреннюю благодарность к.б.н., с.н.с. Новосибирского филиала ИВЭП СО РАН Л.М. Киприяновой и студентке Новосибирского госуниверситета М.В. Тарасовой.

Библиографический список

1. Безматерных, Д.М. Применение структурных характеристик зообентоса для оценки экологического состояния озер юга Западной Сибири / Д.М. Безматерных // Ползуновский вестник. – 2005. – № 4, Ч. 2. – С. 214-216.
2. Безматерных, Д.М. Состав, структура и количественная характеристика зообентоса озера Чаны в 2001 году / Д.М. Безматерных // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 249-254.
3. Березовский, А.И. Рыбное хозяйство на Барабинских озерах и пути его развития / А.И. Березовский. – Красноярск, 1927. – 68 с.
4. Благовидова, Л.А. Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири / Л.А. Благовидова // Гидробиол. журн. – 1973. – Т. IX, № 1. – С. 55-61.
5. Водоёмы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования / Л.В. Веснина, В.Б. Журавлев, В.А. Новоселов [и др.] – Новосибирск: Наука, 1999. – 285 с.
6. Ермолаева, Н.И. Находки новых и редких для Западной Сибири видов зоопланктона и экология зоопланктонных сообществ в озерах Обь-Иртышского междуречья / Н.И. Ермолаева // Биологические аспекты рационального использования и охраны водоемов Сибири: Матер. всерос. конф. – Томск: Лито-Принт, 2007. – 304 с.
7. Жадин, В.И. Реки, озера и водохранилища СССР, их флора и фауна / В.И. Жадин, С.В. Герд. – М: Учпедгиз, 1961. – 600 с.
8. Зверева, О.С. Опыт рекогносцировочного обследования озер по Омскому и Славгородскому округам Сибирского края / О.С. Зверева. – Красноярск, 1930. – Тр. Сиб. науч. рыбохоз. станции, Т. 5, вып. 2. – 90 с.
9. Максимов, А.А. Озерный внутривековой природный цикл / А.А. Максимов, Л.Л. Сипко, В.М. Крайнов // Экология озера Чаны. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 28-57.
10. Озеро Убинское (Биол. продуктивность и перспективы рыбохозяйственное использование) / Под ред. Б.Г. Иоганзена, А.А. Ростовцева. – СПб., 1994. – 144 с.
11. Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. – Новосибирск: Наука, 1982. – 226 с.
12. Пирожников, П.Л. К познанию озера Сартлана в лимнологическом, гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении / П.Л. Пирожников. – Красноярск, 1929. – Тр. Сиб. науч. рыбохоз. станции, Т. 4, вып. 2. – 110 с.
13. Поползин, А.Г. Зональное лимнологическое районирование озер юга Обь-Иртышского бассейна / А.Г. Поползин // Вопросы гидрологии Западной Сибири. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1965. – С. 52. 62.
14. Пульсирующее озеро Чаны. – Л.: Наука, 1982. – 304 с.
15. Сипко, Л.Л. Общие особенности видового состава и количественного развития бентоса озер Северной Кулунды в связи с циклами обводненности / Л.Л. Сипко // IV съезд Всесоюз. гидробиол. об-ва: Тез. докл. – Киев: Наук. думка, 1981. – С. 152-154.
16. Хлебович, В.В. Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий / В.В. Хлебович // Биология солончаковых и гипергалинных вод. – Л.: ЗИН АН СССР, 1989. – Тр. ЗИН АН СССР, Т. 196. – С. 5-11.
17. Экология озера Чаны. – Новосибирск: «Наука», 1986. – 270 с.
18. Hammer, U.T. Distribution and abundance of littoral benthic fauna in Canadian prairie saline lakes / U.T. Hammer, J.S. Sheard, J. Kranabetter // Hydrobiologia. – 1990. – 197. – P. 173-192.
19. Hammer, U.T. Saline Lake Ecosystems of the World / U.T. Hammer. – Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. – 614 p.
20. Salinity and fish effects on Salton Sea microecosystems: benthos / E.P. Simpson, M.R. Gonzalez, C.M. Hart, S.H. Hurlbert // Hydrobiologia. – 1998. – 381. – P. 153-177.
21. Williams, W.D. Salinity as a determinant of salt lake fauna: a question of scale / W.D. Williams, A.J. Boulton, R.G. Taaffe // Hydrobiologia. – 1990. – 197. – P. 257-266.
22. Williams, W.D. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes / W.D. Williams // Hydrobiologia. – 1998. – 381. – P. 191-201.

Материал поступил в редакцию 03.12.07.