

© О. А. АЛЕШИНА, Д. В. УСЛАМИН, В. Г. КАТАНАЕВА,
Ф. Х. БЕТЛЯЕВА, В. SCHMALZ

Тюменский государственный университет
aleshina8@yandex.ru, uslamin.d.w.@gmail.ru,
Fania.betlyeva@mail.ru, bschmalz@hydrology.unikiel.de

УДК 574.524.12
574.524.11

**ВЛИЯНИЕ СОЛЕННОСТИ ВОДЫ НА ЗООПЛАНКТОННОЕ
СООБЩЕСТВО ЛЕСОСТЕПНЫХ ОЗЕР ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE EFFECT OF WATER SALINITY ON ZOOPLANKTON COMMUNITY
OF FOREST-STEPPE LAKES IN TYUMEN REGION**

В работе приведены сведения о видовом составе, таксономической структуре и количественном развитии (численность и биомасса) зоопланктона в озерах юга Тюменской области с соленостью воды в диапазоне 1.4-8.6 г/дм³. Выявлены характерные и редко встречаемые виды для исследуемой территории. Рассчитаны индексы видового разнообразия и фаунистического сходства. Выявлены структурообразующие комплексы сообществ и смена доминирующих видов вдоль градиента солености. С помощью многомерного факторного анализа выявлены зависимости структурных показателей зоопланктона с минерализацией и основными компонентами химического состава воды. Проанализировано 16 биологических и 14 гидрохимических показателей. В результате многомерного факторного анализа выявлены основные группы взаимосвязанных показателей при $r \geq 0.7$.

In this thesis is given the data about the species composition, taxonomic structure and quantitative evolution (quantity and biomass) of zooplankton in south lakes of Tyumen region with water salinity diapason 1.4-8.6 g/dm³. The typical and rare species are revealed for observable territory. The index of species diversity and fauna similarity is calculated. The gel-forming complexes of communities and the dominant species change along salinity gradient are revealed. Using a multivariate factor analysis the relation of zooplankton structure indices with mineralization and with principal components of water chemical composition are revealed. The 16 biological and 14 hydrochemical indices are analysed. As a result of multivariate factor analysis the principal groups of interrelated indices by $r \geq 0.7$ are revealed.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Зоопланктон, таксономическая структура, численность, биомасса, соленость, гидрохимические показатели, многомерный факторный анализ.

KEY WORDS. Zooplankton, taxonomic structure, quantity, biomass, salinity, hydrochemical indices, multivariate factor analysis.

Введение

В последние годы в научной литературе все шире обсуждается вопрос о грядущих климатических перестройках, обусловленных «парниковым эффектом» антропогенного происхождения. Изменение температуры теоретически влечет за собой увеличение испарения и, как следствие — увеличение солености воды. Поэтому изучение влияния разной солености воды на водные экосистемы представляет в настоящее время научный интерес как модель для прогноза влияния возможного потепления на биоценозы [11, 14, 16, 19, 30, 32]. Минерализация водоемов является одной из важнейших экологических характеристик среды обитания водных организмов. Влияние солености и основных ионов минерализации (т. к. соотношение их меняется при изменении солености) на метаболические процессы гидробионтов и формирование видового состава сообществ отображено во многих исследованиях [2, 3, 4, 7, 12, 26, 29, 31].

Работы по изучению влияния солености воды на беспозвоночных в озерах Западной Сибири в последние годы наиболее активно проводятся в Новосибирской области [8, 9, 10]. На территории Тюменской области проводимые исследования связаны в основном с рыбохозяйственным освоением озер и носят частный характер. Проведенный анализ доступных публикаций по изучению адаптивного ответа водных сообществ в озерах юга Тюменской области на изменение общей солености и ионного состава воды на популяционно-динамическом и биоценотическом уровне редки. Актуальной проблемой в связи с необходимостью прогноза влияния возможного потепления на биоценозы являются исследования планктонных сообществ, выполняющих основную роль в функционировании водных экосистем и поддержании ее гомеостаза [13]. Изменения, происходящие в данных сообществах, прямо отражаются на всех последующих трофических звеньях водных экосистем. Целью исследования являлось изучение влияния различной солености воды на структурную организацию зоопланктона озер юга Тюменской области.

Материал и методы исследования

Район исследования располагается в лесостепной зоне юга Тюменской области и охватывает озерную равнину Тобол-Ишимского междуречья и Заишимья с покровом карбонатных, лесовидных суглинков и со следами деятельности крупных водных потоков, оставивших после себя ложбины стока и гривы.

Озера лесостепной зоны Тюменской области по минеральному составу разнообразны — от соленых до пресных. В условиях слабой проточности и замкнутости озер, незначительной величины выпадающих осадков и довольно интенсивного испарения, соленость воды во многих озерах со временем повышается. Озера района исследований характеризуются относительным литологическим разнообразием берегов и береговой линии. Берега низкие, слабо изрезанные, преимущественно суглинистые или песчаные, часто болотистые, заросшие макрофитами (тростник, рогоз, камыш, телорез, осока). Исследуемые водоемы являются в своем большинстве бессточными, мелководными и небольшими по площади. Размеры варьируют от 90 га до 302 га. Средние глубины не превышают 2.5–2.6 м. Донные отложения в основном

представлены мягкими тонкодисперсными илами от светло- и темно-серого до черного цвета, часто со слабым или резким запахом сероводорода. Мощность донных отложений озер в пределах рассматриваемой территории составляет 0.5-1.5 м [1, 6].

Всего обследовано 18 озер. Пробы отбирали в литоральной и глубоководной зоне водоемов. Количество станций на разных озерах варьировало от 5 до 7 в зависимости от площади водного зеркала и зарастаемости. Сбор зоопланктона проводили стандартными методами, принятыми в гидробиологии [27, 28]. В качестве основного орудия лова зоопланктона использовали стандартную количественную сеть Джеди (мельничный газ № 70). Одновременно отбирались пробы воды на гидрохимический анализ, что позволяет более целостно оценить состояние водных сообществ.

Для оценки особенностей распределения зоопланктона по водоемам разной солености и определения основных факторов среды, влияющих на варьирование биологических показателей, проведен многомерный факторный анализ на основе программы STATISTICA (Statsoft, USA) [15, 24].

Результаты исследований

Химические показатели воды

По степени минерализации обследованные озера значительно различаются. Общая сумма солей в озерах варьирует от 1.4 до 8.6 г/дм³. Кроме солености, озера различаются по жесткости, рН и по содержанию основных ионов воды. Гидрохимические показатели обследованных озер представлены в таблице 1. Обследованные водоемы были разделены на соответствующие группы: слабосоленоватые (1.4-2.7 г/дм³), среднесоленоватые (3.4-4.5 г/дм³) и сильносоленоватые (5.3-8.6 г/дм³) [23].

Воды исследованных озер являются хлоридными. В ряде озер в придонных слоях отмечается высокое содержание сероводорода (14.8-70.2 мг/дм³). Вода в исследуемых экосистемах имела щелочную реакцию. Величина водородного показателя изменялась от слабощелочной (7.8) до щелочной (9.1).

Зоопланктон

В отобранных пробах зоопланктона исследуемых озер было зарегистрировано 57 таксонов, из которых Rotatoria-32 таксона (включая внутривидовые формы), Cladocera-15, Sorepoda-10. Общий список планктонных беспозвоночных представлен в таблице 2.

Число таксонов и встречаемость видов в разных группах водоемов по солености различается. Таксономическая структура зоопланктона представлена в таблице 3.

В слабосоленоватых озерах отмечен 41 таксон. В качественном отношении наиболее богато представлены коловратки — 22 таксона (включая внутривидовые формы), что составляет 54% от общего таксономического состава сообщества. Наиболее часто встречались: *F. longiseta* (75%) и *K. quadrata* (65%). Среди кладоцер обнаружено 13 видов. Высокую встречаемость имели *Ch. sphaericus* (90%), *D. brachiurum* и *D. (D.) pulex* (75%), *D. longispina* (65%). Веслоногие рачки были представлены 6 видами, из которых 100% встречаемость имели *M. leuckarti*. Встречаемость остальных видов варьировала в пределах 20-40%.

Таблица 1

Средние значения основных гидрохимических показателей озер

Показатели	слабосоленоватые озера 1.4-2.7 г/дм ³		среднесоленоватые озера 3.4-4.5 г/дм ³		сильносоленоватые озера 5.3-8. 6 г/дм ³	
	M±m	Min-max	M±m	Min-max	M±m	Min-max
pH	8.5±0.14	8.0-9.1	8.6±0.1	8.2-9.1	8.3±0.2	7.8-8.7
Mg ²⁺ мг/дм ³	91.0±15.2	30.0-152.4	102.0±15.0	81.9-143.9	148.2±47.5	62.4-268.0
Cl ⁻ мг/дм ³	485.7±51.0	318.3-603.0	944.2±234.0	826.0-1200.0	2033.7±123.3	1578.0-2325.0
SO ₄ ²⁻ мг/дм ³	304.1±53.6	237.0-473.0	842.5±158.3	124.0-1215	1661.0±363.4	690.0-2332.0
Ca ²⁺ мг/дм ³	41.1±7.0	22.2-82.2	40.0±6.8	17.0-60.0	35.8±12.4	14.1-56.6
HCO ₃ ⁻ мг/дм ³	476.3±73.9	265.0-838.0	810.8±136.5	443.0-1446.0	711.2±125.6	366.0-890.0
CO ₃ ²⁻ мг/дм ³	11.3±3.0	3.3-20.0	13.4±4.1	5.9-27.8	13.5±5.1	12.5-24.0
Na ⁺ +K ⁺ мг/дм ³	454.1±80.1	372.0-705.0	1147.3±69.2	861.0-1278.0	2251.0±244.0	18.25-28.16
Жесткость мг-экв/дм ³	9.4±1.4	6.9-15.23	10.6±1.2	5.35-14.23	14.1±4.6	5.85-17.7
PO ₄ ³⁻ мг/дм ³	2.0±0.9	0.08-6.44	0.9±0.3	0.12-2.16	1.0±0.3	0.14-1.66
NO ₃ ⁻ мг/дм ³	2.7±0.9	0.91-8.61	3.6±0.7	1.72-5.97	4.0±0.7	2.51-5.71
NO ₂ ⁻ мг/дм ³	≤0.02	-	≤0.02	-	≤0.02	-
NH ₄ ⁺ мг/дм ³	0.6±0.2	0.08-1.91	0.3±0.07	0.11-0.61	0.6±0.07	0.41-0.72
Σ. ионов мг/дм ³	1992.3±168.1	1407-2742	3956.3±143.7	3428-4470	6983.3±834.0	5276.0-8671.0

Таблица 2

Таксономический состав зоопланктона обследованных озер

Тип водоема	слабо-соленоватые	средне-соленоватые	сильно-соленоватые
1	2	3	4
Минерализация, г/дм ³	1,4-2,7	3,1-4,5	5,3-8,6
Rotatoria			
<i>Trichocerca pusilla</i> (Lauterborn)	-	-	+
<i>T. (D.) similis</i> (Wierzejski)	+	-	-
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	+	-	-
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig)	+	+	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
<i>A. priodonta</i> Gosse		+	-
<i>A. girodi</i> Guerne	+	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	+	+	-
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann	+	-	+
<i>B. q. ancylognathus</i> Schmarda	-	-	+
<i>B. diversicornis</i> (Daday)	+	+	-
<i>B. d. homoceros</i> (Wierzejski)	-	+	-
<i>B. calyciflorus</i> Pallas	+	+	-
<i>B. c. amphiceros</i> Ehrenberg	-	+	-
<i>B. angularis</i> Gosse	+	+	+
<i>B. urceus</i> (Linnaeus)	+	-	+
<i>B. rubens</i> Ehrenberg	-	-	+
<i>B. plicatilis</i> Muller	-	-	+
<i>B. p. rotundiformis</i> Tschugunoff	+	-	-
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	-	-
<i>K. testudo</i> (Ehrenberg)	-	-	+
<i>K. hiemalis</i> Carlin	+	-	-
<i>K. quadrata</i> (Muller)	+	+	-
<i>K. q. frenzeli</i> (Eckstein)	+	+	-
<i>K. q. reticulata</i> Carlin	+	-	-
<i>K. q. dispersa</i> Carlin	+	+	+
<i>K. valga</i> (Ehrenberg)	-	-	+
<i>K. v. brehmi</i> (Klausener)	-	-	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)	+	+	+
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet	+	-	-
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	+	+	+
<i>F. terminalis</i> (Plate)	+	+	-
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)	+	+	+
Cladocera			
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> (lievin)	+	+	+
<i>D. longispina</i> O.F. Muller	+	+	+
<i>Daphnia</i> (<i>D.</i>) <i>pulex</i> (De Geer)	+	+	+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Mu)	+	-	-
<i>C. cf. dubia</i>	-	+	-
<i>C. pulchella</i> Sars	+	-	-
<i>C. megops</i> (Sars)	+	+	+

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Muller)	+	-	-
<i>Moina brachiana</i> (Jurine)	-	+	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	+	+	+
<i>Camptocercus</i> sp.	+	-	-
<i>Alona rectangua</i> Sars	+	+	+
<i>Biapertura affinis</i> Leydig.	+	+	-
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Muller)	+	+	+
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	+	-	-
Сopepoda			
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanine)	-	+	+
<i>C. strenuus</i> Fischer	+	+	+
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	-	-	+
<i>Diacyclops limnobiis</i> Kiefer	-	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	+	+	+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (lilljeborg)	+	+	-
<i>Arctodiaptomus acutilobatus</i> (Sars)	+	-	-
<i>A. bacilifer</i> (Koelbel)	+	+	+
<i>A. dentifer</i> (Smirnov)	-	+	-
<i>Acanthodiaptomus denticornis</i> (Wierz.)	+	+	+

Таблица 3

Основные структурные показатели зоопланктона

Показатели	слабосоленоватые 1.4-2.7 г/дм ³	среднесоленоватые 3.4-4.5 г/дм ³	сильносоленоватые 5.3-8.6 г/дм ³
Число таксонов зоопланктона	41	33	29
Rotatoria: Cladocera: Copepoda	22:13:6	15:10:8	14:8:7
N зоопланктона, тыс.экз/м ³	93.10	87.30	89.30
B зоопланктона, г/м ³	2.98	2.76	2.66
Rotatoria N/B	23.40/0.034	19.30/0.030	23.0/0.023
Cladocera N/B	27.70/1.67	17.60/1.62	8.40/1.0
Copepoda N/B	42.0/1.28	50.5/1.10	58.0/1.64
Индекс Шеннона, Н,бит/экз.	1.66	1.48	1.23

Обозначение: N — численность, B — биомасса

В среднесолоноватых водоемах было зарегистрировано 33 таксона. В качественном отношении наиболее богато представлены коловратки — 15 таксонов (включая внутривидовые формы), что составляет 45% от общего таксономического состава сообщества. Из них высокую встречаемость имела *K. quadrata* (100%) и *F. longiseta* (60%). Среди кладоцер обнаружено 10 видов. Максимальную встречаемость имела *D. longispina* (100%), реже встречались *D. brachiurum* (80%) и *D. (D.) pulex* (60%). Веслоногие рачки были представлены 8 видами. Наибольшую встречаемость имели *M. leuckarti* (80%), *D. limnobius* (60%) и *E. graciloides* (60%). Встречаемость остальных видов варьировала в пределах 20-40%.

В сильносоленоватых озерах качественный состав зоопланктона снизился до 29 таксонов. В качественном отношении, как и в предыдущих водоемах, наиболее богато представлены коловратки — 14 таксонов (включая внутривидовые формы), что составляет 48% от общего таксономического состава. В целом, встречаемость видов невысокая. Наиболее часто фиксировались (50%): *K. quadrata*, *F. longiseta*, *B. quadridentatus*, *B. diversicornis homoceros*. Среди кладоцер обнаружено 8 видов. Высокую встречаемость имели (до 75%): *D. (D.) pulex*, *D. longispina*, *Ch. sphaericus*.

В целом, наблюдается тенденция снижения видового богатства зоопланктона в направлении от слабосоленоватых (41) к сильносоленоватым водоемам (29). Основные качественные изменения происходят в группах Rotatoria и Cladocera. Число видов Copepoda изменяется слабо и варьирует в пределах 6-8.

Зоопланктон слабо- и среднесолоноватых водоемов в диапазоне солености 1.4-4.5 г/дм³ характеризуются значительным сходством. Это доказывает рассчитанный индекс Сьеренсена [22], значение которого составляет 0.68. Высокое значение индекса указывает на более однотипные условия обитания гидробионтов и подчеркивает единство экосистем. Для средне- и сильносоленоватых озер в диапазоне солености 3.4-8.6 г/дм³ значение индекса снижается до 0.58, а для слабо- и сильносоленоватых оно не превышает 0.46. В этих группах водоемов фаунистические комплексы различаются наиболее сильно.

Планктонные сообщества в водоемах разной солености различаются не только по таксономической структуре, но и по количественному развитию (см. табл. 3). Наблюдается, хотя и не ярко выраженная, тенденция постепенного снижения средних показателей численности с 93 до 89 тыс. экз/м³, а биомасса с 2.9 до 2.6 г/м³. Как видно из таблицы, снижение общей численности сообщества не является линейной. В среднесолоноватых озерах она снижается, а в сильносоленоватых снова повышается. Чтобы выяснить причину, необходимо рассмотреть изменения, происходящие внутри каждой таксономической группы. Основу сообщества по численности составляют Copepoda. Роль их при увеличении минерализации возрастает от 45 до 64%, в то время как численность Cladocera постепенно снижается. В отличие от этих групп, численность Rotatoria флуктуирует. В среднесолоноватых она снижается, что приводит совместно с кладоцерами к уменьшению общего числа беспозвоночных. В сильносоленоватых водоемах плотность коловраток снова увеличивается за счет роста численности видов р. *Brachionus* (*B. quadridentatus*, *B. plicatili*) и р. *Keratella* (*K. valga*, *K. v. brehmi*). За счет

коловраток и копепод общая численность зоопланктона в этой группе озёр повышается.

По сравнению с численностью, понижение общей биомассы зоопланктона происходит постепенно и линейно. Однако более значительные изменения наблюдаются также внутри таксономических групп. По биомассе ведущую роль в слабо- и среднесолоноватых озёрах играют Cladocera. В этих группах озёр доля ветвистоусых рачков составляет 56-58%, в сильносоленоватых она снижается до 39%. В свою очередь удельный вес Copepoda постепенно повышается с 43% до 60%, но, несмотря на это, общая биомасса зоопланктона понижается, т. к. представители ветвистоусых рачков обладают большей индивидуальной массой по сравнению с веслоногими ракообразными.

Происходящие изменения в биомассе зоопланктона, в первую очередь, связаны со сменой доминирующих видов. Для выявления основного ценологического комплекса в каждой из таксономических групп было проведено ранговое распределение видов по «индексу значимости» ($\sqrt{PB_{cp}}$). Результаты представлены в табл. 4. Слабо- и среднесолоноватые водоемы характеризуются большим числом доминирующих видов, в сильносоленоватых число доминантов снижается. Среди Rotatoria и Cladocera отмечены виды, доминирующие во всех группах озёр. Это — *K. quadrata*, *F. longiseta*, *D. longispina*. Для представителей Copepoda такие виды в исследуемых водоемах не отмечены. Наиболее значимо отличается ценологический комплекс зоопланктона в сильносоленоватых озёрах.

При анализе полученных данных использовали информационный индекс Шеннона, который хорошо отображает изменения в количественном составе и доминировании отдельных видов в общем комплексе зоопланктона, а также характеризует устойчивость сообщества. В слабосоленоватых озёрах индекс Шеннона имеет наибольшее значение — 1.66. С повышением минерализации воды индекс заметно снижается и в диапазоне солёности 5.3-8.6 г/дм³ составляет 1.23. Полученные результаты указывают на то, что видовое разнообразие невелико в «физически контролируемых системах», сильно зависящих от лимитирующих физико-химических факторов [7, 21].

Таблица 4

Доминирующие виды в таксономических группах зоопланктона

Показатели	слабосоленоватые озера 1.4-2.7 г/дм ³	среднесолоноватые озера 3.4-4.5 г/дм ³	сильносоленоватые озера 5.3-8.6 г/дм ³
Rotatoria	<i>F. longiseta</i> , <i>K. quadrata</i> , <i>K. q. dispersa</i> , <i>E. dilatata</i> , <i>A. priodonta</i>	<i>K. quadrata</i> , <i>K. q. dispersa</i> , <i>F. longiseta</i> , <i>B.c. amphiceros</i> , <i>A. priodonta</i> , <i>A. sieboldi</i>	<i>K. quadrata</i> , <i>F. longiseta</i> , <i>B. quadridentatus</i> , <i>B. plicatilis</i> , <i>H. mira</i>
Cladocera	<i>D. longispina</i> , <i>D.(D.) pulex</i> , <i>C. pulchella</i> , <i>C. quadrangula</i>	<i>D. longispina</i> , <i>M. brachiana</i> , <i>D. brachium</i> , <i>C. megops</i> .	<i>D. longispina</i> , <i>D.(D.) pulex</i> , <i>C. megops</i>
Copepoda	<i>E. graciloides</i> , <i>A. denticornis</i> , <i>M. leuckarti</i>	<i>E. graciloides</i> , <i>A. bacilifer</i> , <i>M. leuckarti</i>	<i>A. bacilifer</i> , <i>M. viridis</i> .

Обсуждение результатов

Общая сумма солей в исследованных водоемах варьировала от 1.4 до 8.6 г/дм³. Известно, что соленость или минерализация водоемов является одной из важнейших экологических характеристик среды обитания водных организмов. Чем больше солей растворено в воде, тем выше в ней осмотическое давление, к которому чувствительны гидробионты. С изменением солёности другой становится плотность и вязкость воды, что существенно сказывается на плавучести гидробионтов и условиях их движения. Повышение степени минерализации воды понижает растворимость газов, что приводит к снижению содержания кислорода в воде, ухудшая условия дыхания гидробионтов. Характер солёностной зависимости биологических процессов и явлений может быть более или менее полно выявлен только в том случае, если данные получаются через короткие интервалы солёности [20, 30, 31]. В связи с этим была использована классификация водных объектов, предложенная Е. В. Посоховым, с более узкими границами деления водоемов по солёности [23]. Согласно классификации обследованные водоемы были разделены на соответствующие группы: слабосоленоватые (1.4-2.7 г/дм³), среднесолоноватые (3.4-4.5 г/дм³) и сильносоленоватые (5.3-8.6 г/дм³).

Анализируя видовое богатство зоопланктона, можно отметить снижение числа таксонов в сообществе в направлении от слабосоленоватых к сильносоленоватым озерам. В среднем, число таксонов в этом диапазоне солёности снижается более чем на 30%. Это подтверждает коэффициент фаунистического сходства. Для зоопланктона слабо- и сильносоленоватых водоемов он составил 0.46. Если сравнивать поэтапно группы водоемов по солёности, то можно отметить некоторые особенности. Число таксонов зоопланктона от слабосоленоватых к среднесолоноватым снижается на 20%. Планктонное сообщество этих водоемов характеризуется значительным сходством. Коэффициент Сьеренсена (K_c) составляет 0.68, что подчеркивает относительно однотипные условия обитания. Число таксонов зоопланктона от средне-к сильносоленоватым водоемам сокращается еще на 15%, индекс видового сходства снижается до 0.58. Таким образом, наиболее сильные изменения в таксономической структуре планктонного сообщества находятся в диапазоне солёности 5.3-8.6 г/дм³. В научной литературе отмечают солёность порядка 5-8‰ как разделяющую группы организмов морского и пресноводного происхождения или как узкую зону их стыка [30, 31]. Это объясняется тем, что с увеличением общей концентрации солей меняется соотношение ионов. Преодоление этого барьера требует кардинальной перестройки ряда физиологических процессов у водных организмов, в связи с чем этот барьер в подобных случаях должен разделять фаунистические комплексы, различающиеся по способности адаптироваться к изменению солёности. Таким образом, в диапазоне солёности 1.4-8.6 г/дм³ наблюдается снижение видового богатства зоопланктона.

Исследования по количественному развитию сообщества показывают тенденцию снижения общей численности и биомассы от слабосоленоватых к сильносоленоватым водоемам. Биомасса всего зоопланктона понижается линейно и постепенно (2,98→2,76→2,66 г/дм³). Для общей численности отмечается нелинейное снижение показателей (93,1→87,3→89,3 тыс. экз/м³). Это связано со снижением численности кладоцер и коловраток в среднесолоноватых озерах.

В сильносоленоватых плотность ветвистоусых рачков по-прежнему снижается, а коловраток, наоборот, повышается с 19,3 тыс. экз/м³ до 23,0 тыс. экз/м³. Это происходит за счет роста численности видов р.р. *Brachionus* (*B. quadridentatus*, *B. plicatili*) и р. *Keratella* (*K. valga*, *K. v. brehmi*). Такие флуктуации коловраток отмечены в научной литературе. Так, в своей работе Г. А. Галковская [5] отмечает, что у коловраток р. *Brachionus* в диапазоне солености 0-8д зависимость численности и биомассы от солености воды не линейная, а кривая, т. к. плотность коловраток флуктуирует от различных факторов.

Для подтверждения полученных данных и комплексной оценки вклада основных факторов, влияющих на развитие планктонных сообществ, был проведен факторный анализ методом главных компонент с использованием программы STATISTICA (Statsoft, USA). Это позволило выделить наиболее значимые влияния факторов на группу взаимосвязанных показателей. При анализе полученных данных, согласно программе, учитывалась сила связи, при которой $r \geq 0,7$. Для оценки развития зоопланктона было проанализировано 9 биологических и 14 гидрохимических показателей. Результаты многомерного факторного анализа представлены в таблице 5.

Анализ полученных результатов по зоопланктону позволяет выделить наиболее значимое влияние 1 и 2 фактора на группу взаимосвязанных показателей. Этим факторам соответствуют наибольшие значения коэффициентов корреляции. Для зоопланктона в слабо- и среднесолоноватых озерах собственные значения их близки. Общий процент объяснимой дисперсии составляет всего 61% и 65% соответственно, что указывает на более слабые связи внутри каждой компоненты. Невысокие показатели можно объяснить значительной вариабельностью исследуемых параметров. Это указывает на то, что формирование планктонных сообществ в слабо-и среднесолоноватых водоемах в значительной мере происходит под влиянием других экологических факторов [17, 25]. В сильносоленоватых озерах первые 2 фактора определяют 82% варьирования исследуемых признаков, что характеризует связи между показателями внутри каждой компоненты как более тесные и подчеркивает сильное влияние химии воды в развитии планктонных организмов в диапазоне солености 5.3-8.6 г/дм³.

Анализируя зависимости биологических характеристик зоопланктона от гидрохимических показателей, можно выявить следующие особенности. С ионами Na⁺+K⁺ наиболее сильная зависимость обнаружена в слабосоленоватых озерах. С повышением солености воды нагрузка на этот показатель снижается. Полученные результаты согласуются с литературными источниками [3, 4], в которых говорится о том, что механизм осморегуляции пресноводных видов обладает значительно большим сродством к иону Na⁺ по сравнению с солоноватоводными и морскими животными. В этой же группе водоемов для зоопланктона отмечаются более сильные связи с общей минерализацией воды. Далее нагрузка на этот показатель также снижается. По мере повышения солености воды усиливаются корреляции биологических показателей с ионами Mg²⁺ и Ca²⁺. В группу взаимосвязанных показателей в диапазоне солености 1.4-8.6 г/дм³ входят ионы HCO₃⁻ и CO₃²⁻. Гидрокарбонатные и карбонатные ионы находятся в динамическом равновесии. Они образуют карбонатную систему химического равновесия, имеющую большое значение в природных водах. Соотношение между ними зависит от активной реакции среды. При pH воды 7.5-8.5 ионы

Результаты факторного анализа по зоопланктону озер (P=0,95)

Озера	слабосоленоватые		среднесоленоватые		сильносолоноватые	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Число таксонов	-0.77	0.51	0.72	-0.09	0.13	0.65
N зоопланктона	0.08	0.89	0.12	-0.90	0.84	0.32
B зоопланктона	0.32	0.72	0.79	0.07	0.71	0.60
N Rotatoria	-0.19	0.68	-0.67	-0.61	0.47	0.62
B Rotatoria	-0.65	0.41	0.33	-0.77	-0.70	0.67
N Cladocera	0.11	0.78	0.88	0.07	-0.93	0.24
B Cladocera	0.15	0.70	0.78	0.20	-0.39	0.45
N Copepoda	0.22	0.65	0.38	-0.85	0.92	0.20
B Copepoda	0.62	0.42	0.15	-0.22	0.86	0.42
Mg ²⁺	0.60	-0.50	0.19	0.92	0.94	-0.22
Ca ²⁺	0.70	-0.41	0.85	-0.33	0.77	-0.60
Na ⁺ +K ⁺	0.77	0.29	-0.71	0.44	0.37	0.68
HCO ₃ ⁻	0.38	-0.84	0.62	-0.22	-0.40	0.89
CO ₃ ²⁻	0.54	-0.28	0.25	0.81	-0.31	0.91
SO ₄ ²⁻	0.64	0.42	-0.76	0.35	0.79	0.25
Cl ⁻	0.87	0.25	-0.21	0.70	0.84	0.39
PO ₄ ³⁻	0.39	-0.38	-0.13	-0.52	0.17	0.75
NO ₃ ⁻	-0.82	0.25	-0.77	-0.20	0.64	0.71
NO ₂ ⁻	-0.58	-0.41	-0.50	-0.59	-0.89	0.39
NH ₄ ⁺	-0.45	-0.24	-0.48	-0.42	-0.17	0.95
pH	0.11	-0.72	0.75	0.36	-0.74	0.61
Жесткость	0.66	-0.50	0.45	0.80	0.93	-0.25
Общая минерализация	0.89	-0.28	-0.52	0.71	0.70	0.58
Собственные значения	7.31	6.74	7.77	7.28	10.90	7.86
% объяснимой дисперсии	31.81	29.32	33.80	31.69	47.39	34.17

HCO_3^- являются основными. При $\text{pH} > 8.0$ в природных водах появляются карбонатные ионы. С карбонатной системой, по имеющимся результатам, более тесно связано планктонное сообщество. В группу взаимосвязанных показателей в диапазоне солености 1.4-8.6 г/дм³ входят NO_3^- , NO_2^- и NH_4^+ . Эти ионы являются продуктом разложения органических веществ в водоеме и относятся к показателям его продуктивности. В слабо- и среднесолоноватых водах наиболее сильная связь биологических показателей отмечается с NO_3^- , а в сильносоленоватых — с NO_2^- и NH_4^+ . Это связано с тем, что в первых группах озер процесс нитрификации органического вещества идет быстрее и интенсивнее до нитратов. В сильносоленоватых водах процесс разложения замедляется и накапливаются нитрит-ионы и ионы аммония. Этому способствует и более низкое содержание кислорода в придонных слоях воды. Для планктона в группу взаимосвязанных показателей входят также ионы Cl^- . Наиболее тесно концентрация хлорид-ионов в воде связана со структурными показателями планктона.

Таким образом, связь структурных показателей зоопланктона с химическими ионами воды отражает закономерности ионной и осмотической регуляции животных. Известно, что покровы водных животных проницаемы для воды и солей. В ряде исследований показано, что многие ионы (например, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^-) могут потребляться из наружной среды против градиента концентрации. В связи с этим установлено, что абсорбция ионов из окружающей среды увеличивается при понижении их концентрации в полостной жидкости животных. Изменение ионного состава и силы связи со структурными показателями сообщества связано не только с соленостью воды, но и с большим видовым разнообразием самого сообщества. Доказано, что ионный обмен различается не только у разных видов, но и у одного и того же вида на разной стадии его развития, когда меняется средство организма к отдельным ионам воды [3, 4, 8, 10, 26].

Выводы

1. При повышении солености воды от 1.4 г/дм³ до 8.6 г/дм³ наблюдается снижение таксономического состава зоопланктона. Наиболее значительное обеднение происходит в диапазоне солености воды 5.3-8.6 г/дм³.

2. Зоопланктон слабо- и среднесолоноватых озер характеризуется значительным фаунистическим сходством (K_c составляет 68%). Для слабо- и сильносоленоватых озер коэффициент общности снижается до 46%.

3. В диапазоне солености воды 1.4-8.6 г/дм³ наблюдается снижение показателей общей численности и биомассы зоопланктона. Происходящие изменения связаны со сменой доминирующих видов.

4. Наиболее слабые связи зоопланктона с химическими показателями воды отмечены в слабо- и среднесолоноватых озерах (1.4-4.5 г/дм³), что указывает на значительное влияние других экологических факторов в формировании планктонных сообществ. Наиболее сильное влияние химии воды наблюдается в сильносоленоватых озерах (5.3-8.6 г/дм³).

5. С изменением солености воды происходит изменение силы связи отдельных ионов воды со структурными показателями зоопланктона, что отражает особенности ионной регуляции у животных. В группу взаимосвязанных показателей для зоопланктона в диапазоне солености 1.4-8.6 г/дм³ входят ионы HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , NO_2^- и NH_4^+ . С ионами Na^+ + K^+ наиболее сильные зависи-

мости обнаружены в слабосоленоватых озерах. При повышении солености усиливается связь структурных показателей с ионами Mg^{2+} и Ca^{2+} .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакулин В. В., Козин В. В. География Тюменской области / В. В. Бакулин, В. В. Козин. Екатеринбург: Средне-Уральское книжное изд-во, 1996. 240 с.
2. Балущкина Е. В. Структурно-функциональные характеристики экосистем малых озер Крыма / Е. В. Балущкина // Биология внутренних вод. 2007. № 2. С. 11-19.
3. Березина Н. А. Резистентность пресноводных беспозвоночных к изменению минерализации воды / Н. А. Березина // Экология. 2003. № 4. С. 296-301.
4. Виноградов Г. А. Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб и беспозвоночных / Г. А. Виноградов. М.: Наука, 2000. 250 с.
5. Галковская Г. А., Митянина И. Ф. Эколого-биологические основы массового культивирования коловраток / Г. А. Галковская, И. Ф. Митянина. Минск: Наука и техника, 1988. 143 с.
6. Гвоздецкий Н. А. Физико-географическое районирование Тюменской области / Н. А. Гвоздецкий. М.: Изд-во МГУ, 1973. 245 с.
7. Голубков С. М. Водные экосистемы в условиях экстремальных факторов внешней среды: влияние высокой солености воды и других видов экологического стресса / С. М. Голубков // Тезисы доклада IX Съезда Гидробиол. общества РАН. Тольятти, 2006. Т. 1.
8. Ермолаева Н. И. Ветвистоусые рачки озерных экосистем юга Западной Сибири / Н. И. Ермолаева // Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология. Нижний Новгород: Вектор, 2007. С. 250-254.
9. Ермолаева Н. И. Особенности распределения зоопланктона в озерах различной минерализации Барабинско-Кулундинской озерной провинции / Н. И. Ермолаева // Экология водных беспозвоночных. Борок: ИБВВ РАН, 2010. С. 90-93.
10. Ермолаева Н. И., Бурмистрова О. С. Влияние минерализации на зоопланктон оз. Чаны / Н. И. Ермолаева, О. С. Бурмистрова // Сибирский эколог. Новосибирск: СО РАН, 2005. Т. 12. № 2. С. 235-247.
11. Зилов Е. А. Озерные экосистемы как индикаторы глобального изменения климата / Е. А. Зилов // Тезисы Доклада X Съезда Гидробиол. общества РАН. Владивосток, 2010. С. 158-159.
12. Иванова М. Б. О зоопланктоне гипергалинных озер / М. Б. Иванова // Гидробиологический журнал. 1990. Т. 26. № 5. С. 3-9.
13. Иванова М. Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах / Иванова М. Б. Л.: АН СССР, 1985. 215 с.
14. Израэль Ю. А., Павлов А. В., Анохин Ю. А. Анализ современных и ожидаемых в будущем изменений климата и криолитозоны в северных регионах России / Ю. А. Израэль, А. В. Павлов, Ю. А. Анохин // Метеорология и гидрология. 1999. № 3. С. 18-27.
15. Ким Дж. О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж. О. Ким. М.: Финансы и статистика, 1989. 218 с.
16. Клиге Р. К. Глобальные гидроклиматические исследования / Р. К. Клиге // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М., 2000. С. 6-24.

17. Козлова И. В. О влиянии некоторых факторов на развитие зоопланктона в озерах Урала / И. В. Козлова // Структура и функции водных беспозвоночных, их рациональное использование и охрана на Урале. Свердловск, 1989. С. 46-50.
18. Макаревич П. Р., Ишкулов Д. Г. Структура и видовое разнообразие пелагических и донных биоценозов Баренцева моря в условиях меняющегося климата / П. Р. Макаревич, Д. Г. Ишкулов // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13. № 4/1. С. 633-640.
19. Мелешко В. П., Катцов В. М. Антропогенные изменения климата в 21 веке Северной Евразии / В. П. Мелешко, В. М. Катцов // Метеорология и гидрология. 2004. С. 5-26.
20. Мороз Т. Г., Гильман В. Г. Типизация солоноватых вод на гидробиологической основе / Т. Г. Мороз, В. Г. Гильман // Гидробиологический журнал. 1988. Т. 24. Ч. 5. С. 62-67.
21. Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум. М.: Мир, 1975. 744 с.
22. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. М.: Наука, 1982. 288 с.
23. Посохов Е. В., Никанорова А. М. Справочник по гидрохимии / Е. В. Посохов, А. М. Никанорова. Л.: Гидроиздат, 1989. 391 с.
24. Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях / Ю. Г. Пузаченко. М.: Академия, 2004. 416 с.
25. Речкалов В. В. Состав и особенности функционирования зимних сообществ зоопланктона озер различной минерализации: автореф. дис ... канд. биол. наук. Тюмень, 2000. 24 с.
26. Романенко В. Д., Арсан О. М. Механизмы адаптации водных животных к изменению ионного состава воды / В. Д. Романенко, О. М. Арсан // Гидробиологический журнал. 2004. № 3. С. 58-78.
27. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В. А. Абакумова. СПб: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
28. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 204 с.
29. Спектрова Л. В., Аранович Г. М., Аронов М. П. Плотность популяции коловраток в зависимости от концентрации корма и солености воды / Л. В. Спектрова, Г. М. Аранович, М. П. Аронов // Гидробиологический журнал. 1975. Т. 11. № 1.
30. Старобогатов А. И. Проблемы типологии солоноватых вод / Я. И. Старобогатов, В. В. Хлебович // Гидробиологический журнал. 1978. Т. 14. № 6. С. 3-7.
31. Хлебович В. В. Критическая соленость биологических процессов / В. В. Хлебович. Л.: Наука, 1974. 236 с.
32. Шикломанов И. А. Влияние антропогенных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы / И. А. Шикломанов // Изменения климата и их последствия. СПб, 2002. С. 152-165.

REFERENCES

1. Bakulin V. V., Kosin V. V. Geografiya Tyumenskoy oblasti [Geography of Tyumen Region]. Yekaterinburg: Sredne-Uralskoe knizhnoe izd-vo [Middle-Urals Publishing House], 1996. 240 p. (In Russian)
2. Balushkina E. V., Golubkov S. M., Golubkov M. S. Strukturno-funktsionalnyie harakteristiki ekosistem malyyh ozer Kryima [Structural and Functional Characteristics of Ecosystems in Small Salt Lakes of the Crimea] // Biologiya Vnutrennikh Vod [Inland Water Biology]. 2007. No 2. Pp. 11-19. (In Russian)

3. Berezina N. A. Rezistentnost presnovodnykh bespozvonochnykh k izmeneniyu mineralizatsii vody [Tolerance of Freshwater Invertebrates to Changes in Water Salinity] // *Ekologiya* [Ecology]. 2003. No 4. Pp. 261-266. (In Russian)
4. Vinogradov G. A. Protsessyi ionnoy regulyatsii u presnovodnykh ryib i bespozvonochnykh [Processes of Ionic Regulations in Freshwater Fish and Invertebrates]. Moscow: Nauka [Science], 2000. 250 p. (In Russian)
5. Galkovskaya G. A., Mityanina I. F. Ekologo-biologicheskie osnovyi massovogo kultivirovaniya kolovratok [Ecological and Biological Approaches to the Mass Culture of Rotifers]. Minsk: Nauka i tehnika [Science and Technology], 1988. 143 p. (In Russian)
6. Gvozdetzky N. A. Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Tyumenskoy oblasti [Physico-geographical Zoning in Tyumen Region]. Moscow: Izd-vo MGU [MSU Publishing House], 1973. 245 p. (In Russian)
7. Golubkov S. M. Vodnyie ekosistemy v usloviyakh ekstremalnykh faktorov vneshney sredy: vliyaniye vyisokoy solenosti vody i drugih vidov ekologicheskogo stressa [Aquatic Ecosystems under Extreme Environmental Factors: Water Salinity and other Ecological Stresses] // Tezisy doklada IX s'ezda Gidrobiol. obschestva RAN [Abstracts of the report of the IX Congress of the RAS Hydrobiological Society]. Togliatti, 2006. V. 1. (In Russian)
8. Yermolaeva N. I. Vetvistousyie rachki ozernykh ekosistem yuga Zapadnoy Sibiri [Cladocerans in the Lakes of the Southern part of Western Siberia] // *Vetvistousyie rakoobraznyie: sistematika i biologiya* [Cladocerans: taxonomy and biology]. Nijny Novgorod: Vector, 2007. Pp. 250-254. (In Russian)
9. Yermolaeva N. I. Osobennosti raspredeleniya zooplanktona v ozerakh razlichnoy mineralizatsii Barabinsko-Kulundinskoy ozernoy provintsii [Distribution Features of zooplankton in the Lakes of Different Mineralization of Barabinsk-Kulunda Lake Province] // *Ekologiya vodnykh bespozvonochnykh* [Ecology of aquatic invertebrates]. Borok: IBVV RAN [IBIW RAS], 2010. Pp. 90-93. (In Russian)
10. Yermolaeva N. I., Burmistrova O. S. Vliyaniye mineralizatsii na zooplankton oz. Chanyi [Influence of Mineralization on Zooplankton of the Lake Chany] // *Sibirskiy Ekologicheskii Zhurnal* [Siberian Journal of Ecology]. 2005. V. 12. No 2. Pp. 235-247. (In Russian)
11. Zilov E. A. Ozernyie ekosistemy kak indikatoriy globalnogo izmeneniya klimata [Lake Ecosystems as Indicators of Global Climate Change] // Tez. doklada X s'ezda Gidrobiol. obschestva RAN [Abstracts of the report of the X Congress of the RAS Hydrobiological Society]. Vladivostok, 2010. Pp. 158-159. (In Russian)
12. Ivanova M. B. O zooplanktone gipergalinnnykh ozer [Zooplankton of Hypersaline Lakes] // *Gidrobiologicheskii zhurnal* [Hydrobiological journal]. 1990. V. 26. No 5. No 3-9. (In Russian)
13. Ivanova M. B. Produktsiya planktonnykh rakoobraznykh v presnykh vodakh [Zooplankton of Hypersaline Lakes]. Leningrad: AN SSSR [AS USSR], 1985. P. 215. (In Russian)
14. Izrael Y. A., Pavlov A. V., Anokhin Y. A. Analiz sovremennykh i ozhidaemykh v buduschem izmeneniy klimata i kriolitozoni v severnykh regionakh Rossii [Analysis of Modern and Predicted Climate and Permafrost Changes in Cold Regions of Russia] // *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and Hydrology]. 1999. No 3. Pp. 18-27. (In Russian).
15. Kim J. O. Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz [Factorial, Discriminant and Cluster Analysis]. Moscow: Finansy i statistika [Finance and Statistics], 1989. 218 p. (In Russian)

16. Klige R. K. Globalnyie gidroklimaticheskie issledovaniya [Global Hydroclimatic Research] // Globalnyie i regionalnyie izmeneniya klimata i ih prirodnyie i sotsialno-ekonomicheskie posledstviya [Global and regional climate change and its environmental and socio-economic consequences]. 2000. Pp. 6-24. (In Russian)
17. Kozlova I. V. O vliyaniy nekotoryih faktorov na razvitie zooplanktona v ozerah Urala [The Impact of some Factors on the Development of Zooplankton in the Lakes of Ural] // Struktura i funktsii vodnyih bespozvonochnyih, ih ratsionalnoe ispolzovanie i ohrana na Urale [Structure and function of aquatic invertebrates, their rational use and protection in Ural]. Sverdlovsk, 1987. Pp. 46-50. (In Russian)
18. Makarevich P. R., Ishkulov D. G. Struktura i vidovoe raznoobrazie pelagicheskikh i donnyih biotsenozov Barentseva morya v usloviyah menyayuschegosya klimata [Structure and Diversity of Pelagic and Benthic Biocenosis of Barents Sea under Climate Change] // Vestnik MSTU [MSTU Herald]. 2010. No 4/1. Pp. 633-640. (In Russian)
19. Meleshko V. P., Kattsov V. M. Antropogennyye izmeneniya klimata v 21 veke Severnoy Evrazii [Anthropogenic climate changes in the 21st century in Northern Eurasia] // Meteorologiya i gidrologiya [Russian Meteorology and Hydrology]. 2004. No 7. Pp. 5-26. (In Russian)
20. Moroz T. G., Gilman V. G. Tipizatsiya solonovatyih vod na gidrobiologicheskoy osnove [Typing Brackish Waters on the Basis of Hydrobiological] // Gidrobiologicheskii zhurnal [Hydrobiological journal]. 1988. V. 24. No 5. Pp. 62-67. (In Russian)
21. Odum J. Osnovy ekologii [Basics of Ecology]. Moscow: Mir, 1975. 744 p. (In Russian)
22. Pesenko Y. A. Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh [Principles and Methods of Quantitative Analysis in Faunal Studies]. Moscow: Nauka [Science], 1982. 282 p. (In Russian)
23. Posokhov E. V., Nikanorova A. M. Spravochnik po gidrohimii [Handbook of Hydrochemistry]. Leningrad: Hydroizdat, 1989. 391 p. (In Russian)
24. Puzachenko J. G. Matematicheskie metody v ekologicheskikh i geograficheskikh issledovaniyakh [Mathematical Methods in Ecological and Geographical Research]. Moscow: Akademiya [Academy], 2004. 416 p. (In Russian)
25. Rechkalov V. V. Sostav i osobennosti funktsionirovaniya zimnih soobschestv zooplanktona ozer razlichnoy mineralizatsii: avtoref. dis ... kand. biol. nauk [Composition and Functional Features of Winter Zooplankton in the Lakes with Different Mineralization Degree: Autoabstract dis...Cand. Sci. (Biol.)]. Tyumen: Synopsis, 2000. 24 p. (In Russian)
26. Romanenko V. D., Arsan O. M. Mehanizmy adaptatsii vodnyih zivotnykh k izmeneniyu ionnogo sostava vody [Mechanisms of Adaptation of Aquatic Animals to the Change in Ionic Composition of the Water] // Gidrobiologicheskii zhurnal [Hydrobiological journal]. 2004. No 3. Pp. 58-78. (In Russian)
27. Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [The Manual on Hydrobiological Monitoring of Freshwaters Ecosystems] / V. A. Abakumov (In Ed.). Sankt-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 318 p. (In Russian)
28. Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnykh vod i donnykh otlozheniy [The manual on Methods of Hydrobiological Analysis of Surface Waters and Bottom Sediments] / V. A. Abakumov (In Ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 204 p. (In Russian)
29. Spektrova L. V., Aranovich G. M., Aronov M. P. Plotnost populyatsii kolovratok v zavisimosti ot kontsentratsii korma i solenosti vody [The Population Density of Rotifers Depending on the Concentration of Feed and Water Salinity] //

- Gidrobiologicheskii zhurnal [Hydrobiological journal]. 1975. V. 11. No 1. (In Russian)
30. Starobogatov Ya. I., Khlebovich V. V. Problemy tipologii solonovatyih vod [Problems of Typology of Brackish Waters] // Gidrobiologicheskii zhurnal [Hydrobiological journal]. 1978. V. 14. No 6. Pp. 3-7. (In Russian)
31. Khlebovich V. V. Kriticheskaya solenost biologicheskikh protsessov [Critical Salinity of Biological Processes]. Leningrad: Nauka [Science], 1974. 236 p. (In Russian)
32. Shiklomanov I. A. Vliyanie antropogennyih izmeneniy klimata na gidrologicheskii rezhim i vodnyie resursy [Influence of Anthropogenic Climate Change on Hydrological Characteristics and Water Resources] // *Izmeneniya klimata i ih posledstviya* [Climate change and its consequences]. Saint-Petersburg, 2002. Pp. 152-165. (In Russian)

Авторы публикации

Алешина Ольга Анатольевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета

Усламин Дмитрий Васильевич — аспирант Института биологии Тюменского государственного университета

Катанаева Виктория Григорьевна — кандидат химических наук, доцент кафедры органической и экологической химии Института химии Тюменского государственного университета

Бетляева Фания Халитовна — кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета

Britta Schmalz — Department of Hydrology and Water Resources Management, Institute for Natural Resources Conservation, Christian — Albrechts — Universitat zu Kiel (Germany)

Authors of the publication

Olga A. Aleshina — Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor at the Department of Zoology and Evolutionary Animal Ecology, Institute of Biology, Tyumen State University

Dmitry V. Uslamin — Postgraduate student, Institute of Biology, Tyumen State University

Victoria G. Katanaeva — Cand. Sci. (Chem.), Associate Professor at the Department of Organic and Environmental Chemistry, Institute of Chemistry, Tyumen State University

Fania H. Betlyeva — Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor at the Department of Zoology and Evolutionary Animal Ecology, Institute of Biology, Tyumen State University

Britta Schmalz — Department of Hydrology and Water Resources Management, Institute for Natural Resources Conservation, Christian — Albrechts — Universitat zu Kiel (Germany)