

Е.Г. Крупа^{1*}, М.О. Аубакирова², Е.М. Аргынбаева¹, С.М. Романова¹

¹Институт Зоологии, Алматы, Казахстан

²Научно-производственный центр рыбного хозяйства, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: elena_krupa@mail.ru

Структура зоопланктона и гидрохимическая характеристика горных водоемов Северного Тянь-Шаня

Аннотация. Изучение гидрохимических показателей и структуры зоопланктона трех горных водоемов Северного Тянь-Шаня (Нижнее Кольсайское озеро, водохранилища Текес и Бестюбинское) было проведено в августе 2022 г. Гидрохимический анализ показал, что вода во всех водоемах пресная, мягкая, карбонатного класса, группы кальция второго типа. Среднее содержание легко окисляющихся органических веществ достигало 5,6–7,6 мгО/дм³, нитритного азота – 0,011–0,044 мг/дм³, нитратного азота – 0,274–0,830, аммонийного азота – 0,045–0,091, фосфатов – 0,023–0,031, железа – 0,090–0,166, кремния – 3,0–5,4, марганца – 0,011–0,025 мг/дм³. Зоопланктон был представлен 41 видом. Численность зоопланктона варьировала в пределах 11081–69061 экз/м³. Биомасса зоопланктона достигала 11,7–700,2 мг/м³. Кластерный анализ на основе расчета индекса Брея-Кертиса показал изменения видового состава планктонных беспозвоночных за последние пятьдесят лет. Рост видового богатства в Нижнем Кольсае на фоне увеличения количественных показателей планктонных беспозвоночных обусловлен возрастающей рекреационной нагрузкой на озеро и прилегающую наземную территорию. Снижение видового богатства и численности зоопланктона в водохранилище Текес может быть связано с резкими колебаниями уровня воды в сезонном и межгодовом аспекте и периодическим его заполнением речной водой, не обогащенной питательными веществами.

Ключевые слова: зоопланктон, горные водоемы, численность, биомасса, Северный Тянь-Шань.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-97-108>

Введение

Горные водоемы по своим климатическим и физико-географическим особенностям являются уникальными и уязвимыми к изменениям окружающей среды. В виду труднодоступности горные водоемы Казахстана в гидробиологическом аспекте слабо изучены. Наиболее ранние исследования видового состава зоопланктона горных водоемов были проведены Н.З. Хусаиновой [1]. В последующие годы спорадические гидробиологические исследования были проведены в оз. Нижний Кольсай (2000, 2002, 2006, 2015, 2017, 2022) и водохранилище Текес (2009, 2011, 2022) [2,3,4]. Ранее исследования Бестюбинского водохранилища не приводились.

В связи с прогрессирующей антропогенной трансформацией природных экосистем, существенное значение имеет исследование экологических особенностей входящих в зоопланктон видов, возможностей их адаптации к происходящим изменениям условий существования.

Целью данной работы является анализ современного состояния зоопланктона трех горных водоемов Северного Тянь-Шаня и анализ его изменений за последние десятилетия.

Материал и методы исследования

В августе 2022 г. Был исследован зоопланктон трех горных водоемов: Нижнее Кольсайское озеро, водохранилища Текес и Бестюбинское. Нижний Кольсай расположен на территории Государственного национального природного парка, в горной системе Кунгей Алатау. Нижнее Кольсайское озеро располагается на высоте 1829 м над уровнем моря. Оно имеет площадь 0,58 км², максимальную глубину 36,6 м и среднюю прозрачность 9,0 м [5]. Водоохранилище Текес находится на высоте 1800 м над у. м. в межгорной долине между Восточным Тянь-Шанем и хребтом Кетмень. Питание осуществляется за счет одноименной реки. Длина водоема 3 км, ширина – 0,5 км [6]. Бестюбинское водохранилище расположено в межгорной долине между Заилийским Алатау и хребтом Кетмень. Длина водохранилища около 16 км, ширина 500 м, площадь около 10 км².

Всего было отобрано 18 проб зоопланктона сетью Джеди путем протягивания ее от дна до поверхности. Пробы фиксировали 40% формалином до окончательной концентрации 4%. Определение планктонных беспозвоночных до вида проводили по определителям [7,8,9,10]. Расчет численности зоопланктона проводили по стандартной методике [11]. При расчете биомассы организмов использовали индивидуальные показатели веса особей/видов, определенные по формулам [12]. Для определения видового сходства планктонных беспозвоночных использовали программу Primer 5 на основе расчёта индекса Брея-Кертиса [13]. Для изучения условий обитания зоопланктона были отобраны пробы воды для определения минерализации и содержания биогенных элементов [14,15].

Результаты

Гидрохимический анализ показал, что вода обследованных водоемов пресная, мягкая, карбонатного класса, группы кальция II типа (таблица 1). Среднее содержание легко окисляющихся органических веществ варьировало в пределах 5,6–7,6 мгО/дм³ (таблица 1), нитритного азота – 0,011–0,044 мг/дм³, нитратного азота – 0,274–0,830, аммонийного азота – 0,045–0,091, фосфатов – 0,023–0,031, железа – 0,090–0,166, кремния – 3,0–5,4, марганца – 0,011–0,025 мг/дм³ (таблица 2). Значения перманганатной окисляемости свидетельствовали об умеренном уровне содержания легко окисляющихся органических веществ в воде, характерном для водоемов зон широколиственных лесов, степи, полупустыням и пустыням [16].

Таблица 1

Общая жесткость, минерализация, индекс воды по Алекину и содержание легко окисляющихся органических веществ в воде водоемов Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Водоем	Станция	Окисляемость, мгО/дм ³	Жесткость общая, мг-экв./ дм ³	Минерализация, мг/дм ³	Индекс по Алекину
Нижний Кольсай	1	5,03	1,70	139,0	C _{II} ^{Ca}
	2	5,15	1,65	136,5	C _{II} ^{Ca}
	3	5,24	1,70	135,9	C _{II} ^{Ca}
	4	5,36	1,70	139,0	C _{II} ^{Ca}
	5	6,29	1,60	146,7	C _{II} ^{Ca}
	6	6,50	1,55	137,9	C _{II} ^{Ca}
среднее		5,60	1,65	139,2	

Бестюбинское водохранилище	1	7,34	3,90	390,7	C ^{Ca} _{II}
	2	7,34	3,90	406,8	C ^{Ca} _{II}
	3	7,76	3,90	403,1	C ^{Ca} _{II}
	4	7,55	3,80	403,4	C ^{Ca} _{II}
	5	7,30	3,90	400,4	C ^{Ca} _{II}
	6	7,34	4,05	406,4	C ^{Ca} _{II}
	7	7,55	3,95	410,9	C ^{Ca} _{II}
	8	7,38	3,95	434,5	C ^{Ca} _{II}
среднее		7,45	3,92	407,0	
водохранилище Текес	1	7,13	4,56	390,8	C ^{Ca} _{II}
	2	7,34	4,55	369,7	C ^{Ca} _{II}
	3	7,97	4,50	377,1	C ^{Ca} _{II}
	4	7,76	4,25	352,0	C ^{Ca} _{II}
среднее		7,55	4,47	372,4	

Таблица 2

Содержание соединений минерального азота, фосфора, железа, кремния и марганца в воде водоемов Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Водоем	Станция	Концентрация, мг/дм ³						
		N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	PO ₄	Fe	Si	Mn
Нижний Кольсай	1	0,010	1,026	0,033	0,019	0,082	2,7	0,008
	2	0,004	0,871	0,117	0,019	0,088	3,0	0,008
	3	0,009	0,925	0,117	0,024	0,088	3,0	0,008
	4	0,022	0,801	0,096	0,027	0,088	3,2	0,008
	5	0,004	0,945	0,082	0,031	0,104	3,0	0,017
	6	0,016	0,404	0,101	0,029	0,088	3,0	0,017
Среднее		0,011	0,829	0,091	0,025	0,090	3,0	0,011
Бестюбинское водохранилище	1	0,025	0,132	0,025	0,019	0,132	2,7	0,008
	2	0,036	0,202	0,033	0,016	0,132	2,1	0,017
	3	0,020	0,256	0,016	0,017	0,164	2,1	0,017
	4	0,035	0,190	0,066	0,024	0,148	3,6	0,008
	5	0,026	0,194	0,041	0,024	0,120	4,2	0,004
	6	0,058	0,501	0,082	0,033	0,164	4,2	0,001
	7	0,056	0,171	0,080	0,029	0,184	4,8	0,017
	8	0,041	0,544	0,081	0,024	0,148	3,2	0,042
Среднее		0,037	0,274	0,053	0,023	0,149	3,4	0,014
водохранилище Текес	1	0,037	1,438	0,039	0,038	0,126	5,5	0,042
	2	0,028	0,357	0,031	0,024	0,176	5,2	0,025
	3	0,043	1,042	0,047	0,038	0,184	5,9	0,017
	4	0,067	0,482	0,062	0,024	0,176	4,8	0,017
Среднее		0,044	0,830	0,045	0,031	0,166	5,4	0,025
ПДК _{вр} [16]		0,020	9,100	0,500	–	0,100	–	0,010
Нормативы [17]					0,05			

В Нижнем Кольсае содержание биогенных элементов не превышали ПДК_{вр}. В Бестюбинском водохранилище содержание нитритного азота, железа и марганца незначительно превышали нормы ПДК_{вр}, остальные химические показатели находились в пределах нормы. В водохранилище Текес были зарегистрированы высокое содержание нитратного азота, железа, фосфатов, кремния и марганца. Концентрация нитратного

азота, аммонийного азота и фосфатов не превышали ПДК_{вр.}, а содержание нитритного азота, железа незначительно превышали ПДК_{вр.}

В составе зоопланктона был зарегистрирован 41 таксон планктонных беспозвоночных, из которых коловраток – 27, ветвистоусых – 7, веслоногих – 6, факультативных планктеров – 1 (таблица 3). Видовое богатство зоопланктона обследованных водоемов было невысоким, с максимумом в оз. Нижний Кольсай.

Таблица 3

Видовой состав и частота встречаемости планктонных беспозвоночных в водоемах Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Название таксона	Нижний Кольсай	Бестюбинское	Текес
	частота встречаемости, %		
Коловратки – Rotifera			
<i>Notommatidae</i> gen.sp.	50	100	25
<i>Bdelloida</i> gen.sp.	50	25	
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	100	100	
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	17		
<i>Brachionus calyciflorus amphicerus</i> (Ehrenberg)			25
<i>Cephalodella tantilloides</i> (Hauer)			
<i>Euchlanis calpidia</i> (Myers)			25
<i>Euchlanis oropha</i> (Gosse)			50
<i>Filinia terminalis</i> (Plate)	33		
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	100	25	
<i>Keratella quadrata</i> (Muller)	50		50
<i>Lecane (Monostyla) closterocerca</i> (Schmarda)	17		
<i>Lecane (Monostyla) copeis</i> (Harr. Et Myers)		13	
<i>Lecane (Monostyla) decipiens</i> (Murray)	17		
<i>Lecane (s.str.) luna</i> (Muller)			75
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	33		25
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	17		
<i>Polyarthra luminosa</i> (Kutikova)		100	
<i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin)		100	25
<i>Rotaria tridens</i> (Montet)	17		
<i>Synchaeta oblonga</i> (Ehrenberg)	67		
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg)			75
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	83	25	25
<i>Synchaeta tremula</i> (Muller)	17		
<i>Synchaeta vorax</i> (Rousselet)			25
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	100		
<i>Trichotria pocillum</i> (Muller)			25
Ветвистоусые – Cladocera			
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)	33		
<i>Alona rectangula</i> (Sars)		25	75
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)		100	50
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)		25	50
<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> (G.O. Sars)	83	100	50
<i>Daphnia (Daphnia) longispina</i> (O.F. Muller)	83	25	
<i>Leydigia leydigii</i> (Schoedler)	33		

Веслоногие – Copepoda			
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars)		100	
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	100	75	
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine)		50	
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	17		
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)			25
Cyclopoida gen.sp.		13	100
Факультативные планктеры			
Nematoda gen.sp.			25
Всего:	22	17	19

Чаще всего встречались коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Synchaeta stylata*, *Polyarthra vulgaris*, *Notholca acuminata*, ветвистусые *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata*, *Daphnia* (*Daphnia*) *longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. Уровень сходства видов между водоемами был невысокий (рисунок 1). Различия в видовом составе зоопланктона отмечались также в пределах акватории одного и того же водоема, что обусловлено биотопической неоднородностью.

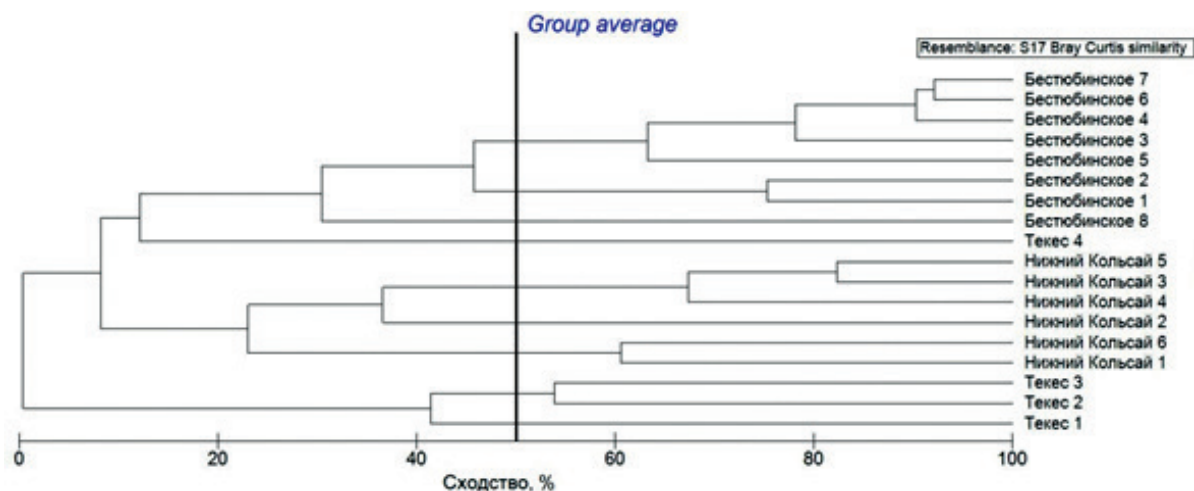


Рисунок 1. Сходство зоопланктофаун обследованных водоемов Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Количественные показатели зоопланктона изменялись в зависимости от водоема (таблица 4). Минимальные показатели численности зоопланктона были зарегистрированы в Текесе. Доминировали веслоногие (58,2%). Субдоминировали ветвистоусые (14,0%) и коловратки (27,7%). На втором месте по численности находился зоопланктон оз. Нижний Кольсай. Доминировали коловратки (50,0%), при практически равном вкладе ветвистоусых (27,8%) и веслоногих ракообразных (22,2%). Максимальные показатели численности были отмечены в Бестюбинском водохранилище. Доминировали ветвистоусые (54,9%) и коловратки (44,3%).

Минимальные показатели биомассы зоопланктона были зарегистрированы в Текесе. В Нижнем Кольсае и Бестюбинском водохранилище величина показателя была на порядок больше. Основу суммарной биомассы повсеместно формировали ветвистоусые ракообразные – 56,1–95,0%.

Таблица 4

Количественные показатели зоопланктона в водоемах Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Водоемы	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Прочие	Всего
	численность, тыс. экз./м ³				
Нижний Кольсай	17007	9450	7553	0	34010
Бестюбинское	30560	37922	578	0	69061
Текес	3073	1549	6454	5	11081
	биомасса, мг/м ³				
Нижний Кольсай	26,3	536,4	137,5	0,0	700,2
Бестюбинское	24,9	526,8	2,9	0	554,6
Текес	2,7	6,6	2,4	0,005	11,7

Состав доминирующих видов изменялся в зависимости от водоема (таблица 5). В Нижнем Кольсайском озере основной вклад в формирование количественных показателей зоопланктона вносили коловратка *Keratella cochlearis*, кладоцеры *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. В Бестюбинском водохранилище доминировали коловратки *Polyarthra luminosa*, *Polyarthra vulgaris*, ракообразные *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Daphnia (Daphnia) galeata*, Cyclopoida gen.sp. В водохранилище Текес доминировали *Keratella quadrata* и *Bosmina (Bosmina) longirostris*.

Таблица 5

Состав доминирующих видов планктонных беспозвоночных в водоемах Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Водоем	Название вида	Численность, %	Биомасса, %
Нижний Кольсай	<i>Keratella cochlearis</i>	34,4	0,1
	<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i>	13,3	29,0
	<i>Daphnia (Daphnia) longispina</i>	14,5	47,5
	<i>Cyclops vicinus</i>	22,2	19,6
Бестюбинское	<i>Polyarthra luminosa</i>	27,3	3,2
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	10,5	0,4
	<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i>	41,6	40,2
	<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i>	13,2	53,9
	Cyclopoida gen.sp.	58,2	0,02
Текес	<i>Keratella quadrata</i>	20,6	14,5
	<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i>	13,1	49,6
	Cyclopoida gen.sp.	58,2	19,7

Обсуждение

Невысокое видовое богатство зоопланктона обследованных горных водоемов Северного Тянь-Шаня (всего 41 таксон) в целом является характерным для этой местности. Анализ многолетних данных по озеру Нижний Кольсай за период с 1969–2022 гг. показал, что в составе зоопланктона выявлено всего 53 вида [5,18]. Часто встречающимися видами были коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, ветвистоусые *Chydorus sphaericus*, *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*.

Кластерный анализ показал изменения видового состава зоопланктонных сообществ за последние пятьдесят лет. Согласно коэффициенту Брея-Кертиса (рисунок 2), по видовому составу зоопланктона выделяется три кластера. Первый кластер объединил данные 1969, 1998 и 2002 гг., второй кластер – 2015, 2017, 2022 гг., третий – 2006 г. Отличительной чертой являлось наличие в видовом составе зоопланктона до 2002 г. крупного каланоидного рачка *Acantodiaptomus denticornis*, который позже больше не встречался. Фауна зоопланктона в 2006 г. отличалась от предшествующего периода, так и от состава видов 2015–2017 гг. До 2006 г. видовое богатство зоопланктона насчитывало 10–15 видов. В последующие годы исследований (2015–2022 гг.) произошло обогащение видового состава зоопланктона, за счет появления коловраток *Bdelloidea* (4 вида), *Lecane*, *Euchlanis*, *Testudinella*, ракообразных *Graptoleberis testudinaria*, *Leydigia leydigii*, *Eucyclops serrulatus*, *Macrocyclops albidus*, *Megacyclops viridis*, *Simocephalus vetuloides*, *Simocephalus vetulus*. За этот период в составе зоопланктонных сообществ было выявлено от 19 до 25 видов. Таким образом, за исследуемый период произошло существенное обогащение фауны планктонных беспозвоночных в оз. Нижний Кольсай.

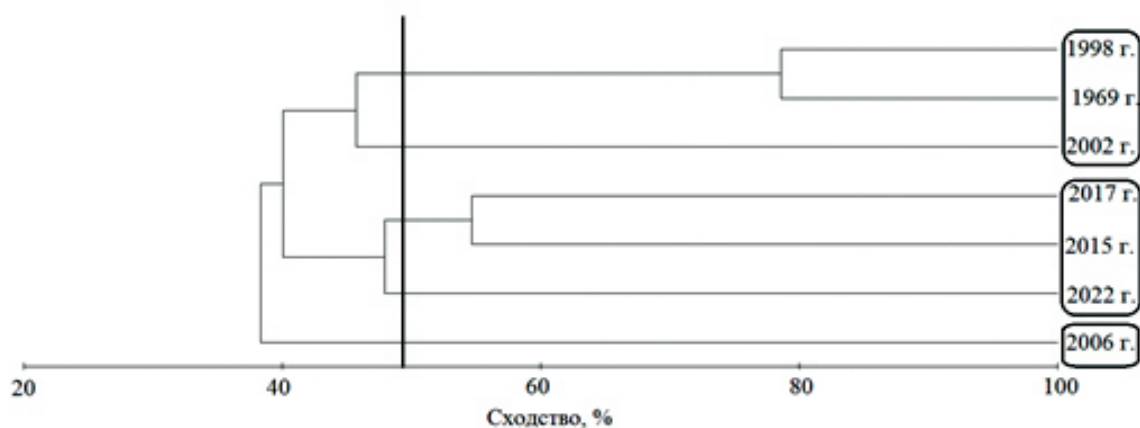


Рисунок 2. Сходство зоопланктонных сообществ оз. Нижний Кольсай в период с 1969 по 2022 гг. (построен с использованием данных [2,3])

На фоне обогащения видового состава планктонных беспозвоночных, выросли и количественные показатели, с максимальными значениями в 2015–2017 гг. (рисунок 3). Это может быть связано с увеличением рекреационной нагрузки на все озера Национального природного парка «Кольсай колдері», а также акклиматизацией в озере радужной форели. Подробно причины изменения структуры зоопланктона и экологического состояния Кольсайских озер рассмотрены в статьях [5,18].

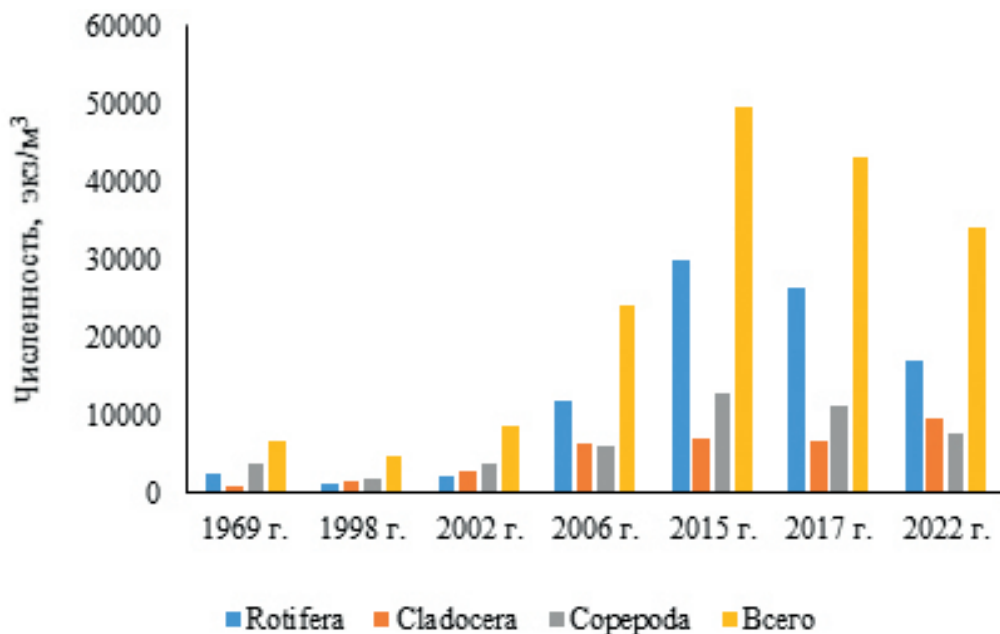


Рисунок 3. Многолетняя динамика численности зоопланктона оз. Нижний Кольсай, график построен с использованием данных [1,2,5,18]

Противоположные тенденции были зарегистрированы в изменении структуры зоопланктонных сообществ в водохранилище Текес. За период исследования (2009, 2011, 2022 гг.) в видовом составе зоопланктона водохранилища Текес в общей сложности было зарегистрировано 72 вида. Было отмечено уменьшение видов от 51 в 2009 г. до 17 видов в 2022 г. Постоянными видами были коловратки *Keratella quadrata*, *Lecane luna*, ракообразные *Alona rectangula*, *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Chydorus sphaericus* и *Mesocyclops leuckarti*. Наиболее схожий видовой состав зоопланктонных сообществ был между 2009 и 2011 годами (рисунок 4). В 2022 г. сходство видowego состава с предыдущими годами исследований было ниже. Изменения видowego состава зоопланктона произошли за счет выпадения ветвистоусых и зарослевых коловраток. Средняя численность зоопланктона в 2009 и 2022 гг. находилась на постоянном уровне, составив 11751 и 11081 экз/м³, соответственно. В 2011 г. величина показателя была на порядок меньше – всего 2119 экз/м³.

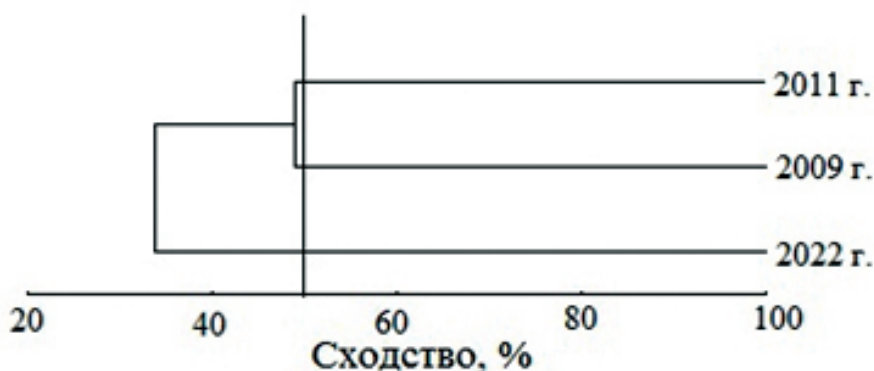


Рисунок 4. Сходство зоопланктонных сообществ водохранилища Текес в период с 2009 по 2022 гг.

Выводы

Таким образом, в составе зоопланктона трех горных водоемов Северного Тянь-Шаня был зарегистрирован 41 вид планктонных беспозвоночных, из которых коловраток – 27, ветвистоусых – 7, веслоногих – 6, факультативных планктеров – 1. Фоновыми видами являлись коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Synchaeta stylata*, *Polyarthra vulgaris*, *Notholca acuminata*, ветвистоусые *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. Численность зоопланктона варьировала в пределах 11081–69061 экз/м³, при биомассе от 11,7 до 700,2 мг/м³. По численности доминировали коловратки или веслоногие. Основу суммарной биомассы повсеместно формировали ветвистоусые ракообразные. В Нижнем Кольсае основной вклад в формирование количественных показателей зоопланктона вносили коловратка *Keratella cochlearis*, кладоцеры *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. В Бестюбинском водохранилище доминирующая роль принадлежала коловраткам *Polyarthra luminosa*, *Polyarthra vulgaris*, ракообразным *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Daphnia (Daphnia) galeata*. В водохранилище Текес доминировали *Keratella quadrata* и *Bosmina (Bosmina) longirostris*. Многолетняя динамика зоопланктона в водохранилище Текес и оз. Нижний Кольсай была противоположной по направленности. Рост видового богатства и количественных показателей зоопланктона в оз. Нижний Кольсай можно связать с увеличением рекреационной нагрузки на водосборную территорию и обогащением водной экосистемы биогенными элементами. В водохранилище Текес, напротив, видовое богатство зоопланктона снизилось в три раза, при неизменной численности. Помимо органической и рекреационной нагрузки на водосборную территорию, существенное влияние на межгодовую изменчивость структуры зоопланктонных сообществ горных водоемов оказывали гидрологические факторы.

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта «BR10965224 – Разработка кадастра животного мира Северного Тянь-Шаня для сохранения его генетического разнообразия» (2021-2023гг.).

Список литературы

1. Хусаинова Н.З. Гидробиология горных озер бассейна реки Чилик // Вестник АН КазССР. – 1947. – №9(30). – С. 68-70.
2. Курмангалиева Ш.Г. Сезонная динамика зоопланктона оз. Нижний Кульсай // Биологические науки. – 1974. – Вып. 7. – С. 87-91.
3. Смирнова Д. А. Состояние зоопланктоценозов озер Средний и Нижний Кульсай (бассейн р. Чилик) в период начала их рекреационного использования // Вестник КазГУ. Серия Биологическая. – 2000. – №4. – С. 54-60.
4. Сливинский Г.Г., Крупа Е.Г., Лопатин О.Е., Мамилов Н.Ш., Приходько Д.Е. Эколого-токсикологическая характеристика и состояние водной фауны Текесского водохранилища // Вестник КазНУ. Серия Экологическая. – 2010а. – № 1. – С. 79-88.
5. Krupa E.G., Barinova S.S., Romanova S.M. Zooplankton Size Structure in the Kolsay Mountain Lakes (Kungei Alatau, Southeastern Kazakhstan) and Its Relationships with Environmental Factors // Water Resources. – 2019. – 46(3). – P. 403-414. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0097807819030126>.
6. Березовиков Н.Н. Орнитофауна Текесского водохранилища (Центральный Тянь-Шань) // Selevinia. – 2008. – №1140. – С. 239-242.
7. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. – Ленинград: Наука, 1964. – 744 с.
8. Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Косс М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. – Санкт-Петербург: Наука, 1991. – 504 с.
9. Рылов В.М. Фауна СССР. Ракообразные. Cyclopoidea пресных вод. – Москва: Наука, 1948. – 312 с.

10. Цалолыхин С.Я. (под ред.) Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – Санкт-Петербург: Институт зоологии, 1995. – Вып. 2. – 628 с.
11. Винберг Г.Г., Лаврентьев Г.М. Зоопланктон и его продукция. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. – Ленинград, 1984. – 34 с.
12. Балущкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных. В кн: Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр. – Ленинград: Зоологический институт, 1979. – С. 58-79.
13. Bray J.R., Curtis J.T. An Ordination of Upland Forest Communities of Southern Wisconsin // *Ecol. Monogr.* – 1957. – V. 27. – P. 325-349.
14. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
15. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – Москва: НПО «Альтернатива», 1995. – 618 с.
16. Гусева Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. – Москва: Социально-экологический союз. – 2002. – 148 с.
17. Зенин А.А., Белоусова Н.Б. Гидрохимический словарь. – Ленинград: Гидрометеиздат, – 1988. – 239 с.
18. Krupa E.G., Barinova S.M., Romanova S.M., Malybekov A.B. Hydrobiological assessment of the high mountain Kolsay Lakes (Kungey Alatau, Southeastern Kazakhstan) ecosystems in climatic gradient // *British Journal of Environment and Climate Change.* – 2016. – Vol. 6(4). – P. 259-278. DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/BJECC/2016/26496>.

Е.Г. Крупа¹, М.О. Аубакирова², Е.М. Аргынбаева¹, С.М. Романова¹

¹Зоология институты, Алматы, Қазақстан

²Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы, Алматы, Қазақстан

Солтүстік Тянь-Шань таулы су айдындарының зоопланктон құрылымы және гидрохимиялық сипаттамалары

Аңдатпа. Солтүстік Тянь-Шаньның үш тау су қоймасының (Төменгі Көлсай көлі, Текес су қоймасы және Бестөбе су қоймасы) гидрохимиялық көрсеткіштері мен зоопланктон құрылымын зерттеу 2022 жылдың тамызында жүргізілді. гидрохимиялық талдау барлық су қоймаларындағы судың тұщы, жұмсақ, карбонатты класс, екінші типтегі кальций тобының екенін көрсетті. Оңай тотығатын органикалық заттардың орташа мөлшері 5,6–7,6 мг/дм³, нитрит азоты – 0,011–0,044 мг/дм³, нитрат азоты – 0,274–0,830, аммоний азоты – 0,045–0,091, фосфаттар – 0,023–0,031, темір – 0,090–0,166, кремний – 3,0–5,4, марганец – 0,011–0,025 мг/дм³ жетті. Зоопланктон 41 түрмен ұсынылған. Зоопланктон саны 11081-69061 дана/м³ аралығында өзгерді. Зоопланктонның биомассасы 11,7–700,2 мг/м³-ке жетті. Брей-Кертис индексі есептеуге негізделген кластерлік талдау соңғы елу жылдағы планктондық омыртқасыздардың түрлік құрамының өзгеруін көрсетті. Планктондық омыртқасыздардың сандық көрсеткіштерінің артуы аясында төменгі Көлсайда түр байлығының өсуі көлге және оған іргелес жер аумағына рекреациялық жүктеменің артуына байланысты. Текес су қоймасындағы түрлердің байлығы мен зоопланктон санының төмендеуі маусымдық және жылдық аспектідегі су деңгейінің күрт өзгеруіне және оны қоректік заттармен байытылмаған өзен суымен мезгіл-мезгіл толтыруға байланысты болуы мүмкін.

Түйін сөздер: зоопланктон, тау тоғандары, көптігі, биомассасы, Солтүстік Тянь-Шань.

Ye.G. Krupa¹, M.O. Aubakirova², Ye.M. Argynbayeva¹, S.M. Romanova¹

¹Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan

²Research and production center of fish industry, Almaty, Kazakhstan,

Zooplankton structure and hydrochemical characteristics of mountain reservoirs of the northern Tien-Shan

Abstract. The study of hydrochemical parameters and zooplankton structure of three mountain reservoirs of the Northern Tien Shan (Lower Kolsai Lake, Tekes and Bestyubinskoe reservoirs) was carried out in August 2022. Hydrochemical analysis showed that the water in all reservoirs is fresh, soft, carbonate class, calcium group of the second type. The average content of easily oxidizing organic substances reached 5.6–7.6 mg/dm³, nitrite nitrogen – 0.011–0.044 mg/dm³, nitrate nitrogen – 0.274–0.830, ammonium nitrogen – 0.045–0.091, phosphates – 0.023–0.031, iron – 0.090–0.166, silicon – 3.0–5.4, manganese – 0.011–0.025 mg/dm³. Zooplankton was represented by 41 species. Zooplankton abundance varied between 11081–69061 ex/m³. Zooplankton biomass reached 11.7–700.2 mg/m³. Cluster analysis based on the calculation of the Bray-Curtis index showed changes in the species composition of planktonic invertebrates over the past fifty years. The growth of species richness in the Lower Kolsai against the background of an increase in the quantitative indicators of planktonic invertebrates is due to the increasing recreational load on the lake and the adjacent land area. The decrease in the species richness and abundance of zooplankton in the Tekes reservoir may be due to sharp fluctuations in the water level in the seasonal and interannual aspect and its periodic filling with river water not enriched with nutrients.

Keywords: zooplankton, mountain reservoirs, abundance, biomass, Northern Tien-Shan.

References

1. Husainova N.Z. Gidrobiologiya gornyh ozer bassejna reki Chilik, Vestnik AN KazSSR [Hydrobiology of the Chilik river basin of mountain lakes, Vestnik AN KazSSR], 9(30), 68-70 (1947). [in Russian]
2. Kurmangaliev SH.G. Sezonnaya dinamika zooplanktona oz. Nizhnij Kul'saj, Biologicheskie nauki [Kurmangaliev Sh.G. Seasonal dynamics of zooplankton. Nizhny Kulsai, Biological science], 7, 87-91 (1974). [in Russian]
3. Smirnova D. A. Sostoyanie zooplanktocenozov ozer Srednij i Nizhnij Kul'saj (bassejn r. CHilik) v period nachala ih rekreacionnogo ispol'zovaniya, Vestnik KazGU. Seriya Biologicheskaya [State of zooplanktocenoses in lakes Middle and Lower Kulsay (Chilik River basin) during the period of the beginning of their recreational use, Vestnik KazGU. Biological Series], 4, 54-60 (2000). [in Russian]
4. Slivinskij G.G., Krupa E.G., Lopatin O.E., Mamilov N.SH., Prihod'ko D.E. Ekologo-toksikologicheskaya karakteristika i sostoyanie vodnoj fauny Tekesskogo vodohranilishcha, Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya [Ecological and toxicological characteristics and state of the aquatic fauna of the Tekes reservoir, Vestnik KazNU. Ecological series], 1, 79-88 (2010a). [in Russian]
5. Krupa E.G., Barinova S.S., Romanova S.M. Zooplankton Size Structure in the Kolsay Mountain Lakes (Kungei Alatau, Southeastern Kazakhstan) and Its Relationships with Environmental Factors, Water Resources, 46(3), 403-414 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0097807819030126>.
6. Berezovikov N.N. Ornitofauna Tekesskogo vodohranilishcha (Central'nyj Tyan'-SHan'), Selevinia [Avian fauna of the Tekes reservoir (Central Tien Shan), Selevinia], 1140, 239-242 (2008). [in Russian]
7. Kutikova L.A. Kolovratki fauny SSSR [Rotifers of the fauna of the USSR] (Leningrad: Nauka, 1964, 744 s.) [Leningrad: Nauka, 1964, 744 p.]. [in Russian]
8. Boruckij E.V., Stepanova L.A., Koss M.S. Opredelitel' Calanoida presnyh vod SSSR [Key to Calanoida fresh waters of the USSR] (Sankt-Peterburg: Nauka, 1991, 504 s.) [St. Petersburg: Nauka, 1991, 504 p.]. [in Russian]
9. Rylov V.M. Fauna SSSR. Rakoobraznye. Cyclopoida presnyh vod [Fauna of the USSR. Crustaceans. Freshwater Cyclopoida] (Moskva: Nauka, 1948, 312 s.) Moscow: Nauka, 1948, 312 p. [in Russian]
10. Calolihin S.YA. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories] (Sankt-Peterburg: Institut zoologii, 1995, 628 s.) [St. Petersburg: Institute of Zoology, 1995, 628 p.]. [in Russian]

11. Vinberg G.G., Lavrent'ev G.M. Zooplankton i ego produkciya. Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnykh vodoemah [Zooplankton and its products. Methodological recommendations for collecting and processing materials during hydrobiological studies in freshwater bodies] (Leningrad, 1984, 34 s.). [in Russian]
12. Balushkina E.V., Vinberg G.G. Zavisimost' mezhdru dlinoj i massoj tela planktonnyh rakoobraznyh. V kn: Eksperimental'nye i polevye issledovaniya biologicheskikh osnov produktivnosti ozyor [The relationship between length and body weight of planktonic crustaceans. In: Experimental and field studies of the biological basis of lake productivity] (Leningrad: Zoologicheskij institut, 1979, 58-79 s.) [Leningrad: Zoological Institute, 1979, 58-79 p.]. [in Russian]
13. Bray J.R., Curtis J.T. An Ordination of Upland Forest Communities of Southern Wisconsin, Ecol. Monogr., 27, 325-349 (1957).
14. Semenov A.D. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi [Manual for the chemical analysis of terrestrial surface waters] (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 541 s.). [in Russian]
15. Fomin G.S. Voda. Kontrol' himicheskoi, bakterial'noj i radiacionnoj bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam [Control of chemical, bacterial and radiation safety according to international standards] (Moskva: NPO «Al'ternativa», 1995, 618 s.) [Moscow: NPO "Alternative", 1995, 618 p.]. [in Russian]
16. Guseva T.V. Gidrohichimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchej sredy [Hydrochemical indicators of the state of the environment] (Moskva: Social'no-ekologicheskij soyuz, 2002, 148 s.) [Moscow: Social-Ecological Union, 2002, 148 p.]. [in Russian]
17. Zenin A.A., Belousova N.B. Gidrohichimicheskij slovar' [Hydrochemical dictionary] (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988, 239 s.). [in Russian]
18. Krupa E.G., Barinova S.M., Romanova S.M., Malybekov A.B. Hydrobiological assessment of the high mountain Kolsay Lakes (Kungey Alatau, Southeastern Kazakhstan) ecosystems in climatic gradient, British Journal of Environment and Climate Change, 6(4), 259-278 (2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/BJECC/2016/26496>.

Сведения об авторах:

Крупа Е.Г. – доктор биологических наук, заведующий лабораторией гидробиологии и экотоксикологии, Институт зоологии, Алматы, Казахстан.

Аубакирова М.О. – PhD, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии, Научно-производственный центр рыбного хозяйства, Алматы, Казахстан.

Аргынбаева Е.М. – научный сотрудник лаборатории гидробиологии и экотоксикологии, Институт зоологии, Алматы, Казахстан.

Романова С.М. – доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории гидробиологии и экотоксикологии, Институт зоологии, Алматы, Казахстан.

Крупа Ye.G. – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan.

Aubakirova M.O. – PhD, Senior Researcher at the Laboratory of Hydrobiology, Fisheries Research and Production Center, Almaty, Kazakhstan.

Argynbayeva Ye.M. – Researcher at the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan.

Romanova S.M. – Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan.