

УДК 574.583

Ракыбаева А.А., Джантасова А.С., Баймуханов М.Т.

К ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА МАРКАКОЛЬ

(Институт гидробиологии и экологии)

В 2008 и 2009 годах проведено изучение видового состава и количественных показателей зоопланктона оз. Маркаколь. На основе полученных материалов и анализа данных литературных источников проведена сравнительная характеристика состояния зоопланктона озера за период с 30-х годов XX века по настоящее время.

Уникальный водоем восточного региона Республики Казахстан, высокогорное озеро Маркаколь - самый крупный водоем Алтая, расположенный на высоте 1449,3 м над ур. м. Озеро имеет овально-вытянутую форму и простирается с северо-востока на юго-запад. Его длина 38 км, максимальная ширина 19 км, длина береговой линии 106 км, глубина до 24-27 м. Озерная котловина образована хребтами: Курчумским - с севера и запада, Азутау - с юга и востока, Сорвенковским белком - с северо-востока. В озеро впадает около 50 различных водотоков. Наиболее крупные реки - Тополевка, Нижняя Еловка, Матабай, Жиренька, Глуховая и Верхняя Еловка, Тихушка, Матабайка и Тесной ключ. Из Маркаколя вытекает лишь одна река – Кальджир. С 1976 года время акватория озера Маркаколь имеет заповедный режим охраны [1].

История исследований и обзор состояния зоопланктона за предшествующий период максимально полно освещены в работах [2,3]. В них на основе анализа опубликованных и рукописных работ проводится анализ видового состава зоопланктона и его распределения по акватории озера, динамики количественных показателей зоопланктона в различных участках и на различных глубинах озера, впервые приводится аннотированный список зоопланктона озера Маркаколь и кратко освещается роль зоопланктона в питании ленка и хариуса озера. В целом отмечается, что озеро по средним значениям численности и биомассы зоопланктона в 80-х годах прошлого века относилось к мезотрофному водоему, в остальные годы исследований – к олиготрофному.

Для обозначения этапов исследований гидробионтов озера отметим, что первое гидробиологическое обследование озера Маркаколь было произведено экспедицией Пермского университета в 1936 г. [4]. В течение 1955 – 1956 гг. и в 1965 гг. В.А. Тэн, работавшая в составе экспедиции Института зоологии АН КазССР, были выявлены межгодовые и сезонные закономерности в развитии зоопланктона, изучено питание ленка и хариуса озера [5]. В период с 1978 по 1999 годы производилось несколько кратковременных, фрагментарных обследований в разные сезоны, на разных участках водоема, не охватывающих всю его акваторию. Ввиду этого их результаты трудно сравнимы между собой и по ним сложно охарактеризовать динамику видового разнообразия и количественного развития зоопланктонного сообщества озера.

Следует особо заострить внимание на том, что целью организации Маркакольского государственного природного заповедника является сохранение экосистемы оз. Маркаколь. К сожалению, в последние десятилетия экосистема озера испытывает ряд неблагоприятных факторов, к числу которых относятся загрязнение отходами животноводства, чрезмерный промысел, браконьерство на обитающих в нем лососеобразных рыб, вселение чужеродных видов [6].

Как известно, зоопланктон служит неотъемлемым звеном в трофической цепи водных животных и по состоянию зоопланктонного сообщества можно оценить состояние экосистемы исследуемого водоема. Именно с этих позиций определена цель настоящих исследований, которая состоит в том, чтобы заложить основу для долговременного постоянного мониторинга экосистемы озера Маркаколь на основе анализа качественных и количественных показателей зоопланктона. Для достижения этой цели в задачи исследований входило: изучение таксономического состава и количественных показателей зоопланктона озера, выявление разнообразия по индексу Шеннона – Уивера, определение сапробиологического показателя качества воды по индикаторным видам.

Авторы данной работы выражают глубокую благодарность доктору биологических наук Крупа Е.Г. за оказанную консультативную помощь и методические рекомендации в обработке проб зоопланктона, отобранных в 2008 году.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили сборы, осуществленные с 14 по 18 июня, с 23 по 24 сентября 2008 года и с 20 по 25 июня 2009 года по разработанной сетке станций [7] (рисунок 1). В 2008 году были отобраны 11 летних проб на станциях (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) и 9 осенних проб на станциях (2, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15). В 2009 году сбор проб был осуществлен на всех станциях по акватории озера, и было отобрано 34 пробы. Отбор проб осуществлялся с разных глубин, преимущественно с пелагиали озера.

Орудием лова служила количественная сеть Джели с мельничным газом № 64. Пробы отбирались тотально, фиксировались 4% раствором формалином [8].

Камеральная обработка материала проводилась в лаборатории. Для идентификации и счета организмов применяли микроскопы МБС-10 и МСХ-300. При определении видового состава зоопланктона использовались определители [9-12].

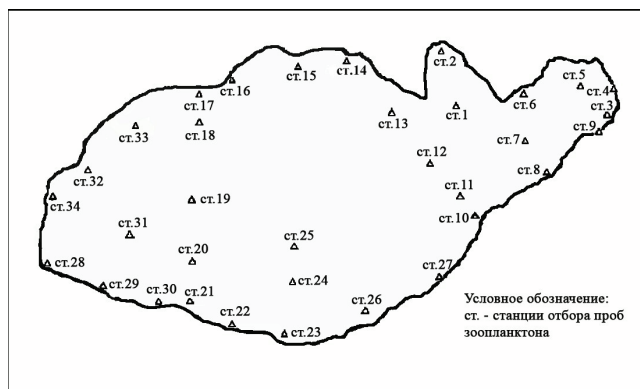


Рисунок 1 – Карта-схема постоянных станций отбора гидробиологических проб на озере Маркаколь.

Способ расчёта организмов различается в зависимости от орудия лова организмов. Так как для отбора проб применяли количественную сеть Джеди, объём воды профильтрованный при облове слоя глубиной h м рассчитывали по формуле:

$$V = \pi R^2 h, (1)$$

где R – радиус входного отверстия сети (м); h – глубина слоя (м).

Среднюю численность организмов в 1 м^3 воды (N_i) определяли по формуле:

$$N_i = 1/v \cdot n_i, (2)$$

где n_i – число коловраток в пробе.

Полученные данные по численности отдельных видов суммировали в целом по каждой станции [8].

Индивидуальную массу каждого вида рассчитывали по уравнениям линейно-весовой зависимости на основе промеров организмов. Для определения зависимости массы от длины тела использовали формулу:

$$W = q \cdot l^b, (3)$$

где W – масса (мг); l – длина (мм); q – масса при длине 1мм; b – показатель степени.

Биомассу (B) организмов определяли умножением численности (N_i) особи каждого вида на его индивидуальную массу (W) по формуле:

$$B = N_i \cdot W, (4)$$

а затем полученные результаты суммировали по сообществу в целом [8].

При нахождении значений индекса разнообразия Шеннона-Уивера использовали таблицу подсчета индекса [13].

Одним из методов, наиболее удобных для оценки степени загрязнения вод по индикаторным организмам, является метод Пантле и Букку. Этот метод учитывает относительную частоту встречаемости организмов (h) и отношение отдельных видов к пяти известным степеням системы сапробности (s). Обе эти величины входят в формулу для вычисления индекса сапробности:

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h} [14]. (5)$$

Степень сапробности каждого вида находили по таблице [15].

Результаты и их обсуждение

Летом 2008 г. в таксономическом составе зоопланктона озера насчитывался 37 вид, из которых доминирующее положение занимали коловратки- 21 вид (таблица 1). Наибольшее распространение по акватории имели коловратки *Bdelloida sp.*, *Synchaeta pectinata*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *F. terminalis*, ракообразные *A. bacillifer*, *C. vicinus*, *M. viridis*. Численность зоопланктона составляла 154,5 тыс. экз./м³, при биомассе равной 1,74 г/м³ (таблица 2). Индекс сапробности Пантле и Букку составлял 1,56, что соответствует слабой и умеренной степени загрязненности. Индекс видового разнообразия Шеннона – Уивера составлял – 0,88 бит/мг.

Отличительной особенностью зоопланктона осенью 2008 г. является слабое видовое разнообразие. Список выявленных видов состоял из 20 наименований, из них коловраток – 8, ветвистоусых – 8, веслоногих – 4 (рисунок 1). По акватории озера наибольшее распространение имели *K. longispina longispina*, *A. priodonta priodonta*, *Euchlanis sp.*, *K. cochlearis cochlearis*, из ракообразных *D. longispina*, *A. denticornis*, *A. bacillifer*. Средняя численность планктонных организмов составила 45,9 тыс. экз./м³, при биомассе равной - 0,87 г/м³. Существенное значение в формировании этого показателя имели доминанты *D. longispina*, *A. denticornis*. Индекс сапробности составлял 1,54, что соответствует средней степени загрязненности. Индекс видового разнообразия Шеннона – Уивера – 0,76 бит/мг.

В летний период 2009 г. по сравнению с данными 2008 года качественный состав планктонных организмов почти не изменился и был представлен 23 видами, из которых коловраток - 10, ветвистоусых - 9, веслоногих - 4 (таблица 1).

Таблица 1 - Таксономический состав и частота встречаемости планктонных организмов озера Маркаколь 2008 – 2009 гг.

Таксоны		Частота встречаемости (%)		
		Лето 2008 г*	Осень 2008 г	Лето 2009 г
1		2	3	4
Коловратки - Rotifera	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	100	11	80
	<i>Polyarthra</i> sp.	-	33	3
	<i>Polyarthra remata</i> Skorikov	18	-	-
	<i>Polyarthra longiremis</i> Carlin	9	-	-
	<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin	9	-	-
	<i>Asplanchna priodonta priodonta</i> Gosse	100	100	93
	<i>Euchlanis</i> sp.	9	100	20
	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	27	-	-
	<i>Euchlanis phryne</i> Myers	18	-	-
	<i>Euchlanis lyra</i> Hudson	9	-	-
	<i>Brachionus quadridentatus melheni</i> Barrois	9	-	-
	<i>B. quadridentatus quadridentatus</i> Hermann	27	-	-
	<i>B. quadridentatus hyphalmyros</i> Tschugunoff	9	-	-
	Ветвистоусые - Cladocera	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i> Gosse	82	100
<i>Keratella quadrata quadrata</i> Muller		82	-	27
<i>K. quadrata reticulata</i> Carlin		9	-	-
<i>K. tropica</i> Apstein		9	-	-
<i>Kellicottia longispina longispina</i> Kellicott		100	100	97
<i>Trichotria</i> sp.		-	-	7
<i>Conochilus</i> sp.		-	-	29
<i>Conochilus hippecrepis</i> Schrank		-	78	-
<i>Filinia terminalis</i> Plate		100	-	-
<i>Filinia longiseta longiseta</i> Ehrenberg		9	-	63
<i>Filinia major</i> Colditz		-	56	-
<i>Bdelloida</i> sp.1		100	-	-
<i>Bdelloida</i> sp.2		9	-	-
Веслоногие – Copepoda		<i>Daphnia longispina</i> Muller	73	100
	<i>D. galeata</i> Sars	55	11,0	93,3
	<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars	36	-	30
	<i>Alona guttata</i> Sars	9	33,0	6,6
	<i>Alonella nana</i> Baird	9	-	-
	<i>Chydorus shearcicus</i> Muller	36	56,0	36,6
	<i>Pleuroxus uncinatus</i> Baird	9	-	-
	<i>Bosmina longirostris</i> Muller	45	11,0	56,6
	<i>Bosmina obtusirostris</i> Muller	-	33,0	46,6
	<i>Bythotrephes brevimanus</i> Lilljeborg	27	22,0	40
	<i>Leptodora kindtii</i> Focke	-	33,0	6,6
Примечание: *- по [17]	<i>Megacyclops viridis</i> Jurine	73	33,0	96,6
	<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin	91	67	80,0
	<i>Acanthodiptomus denticornis</i> Wierzejski	-	100	86,6
	<i>Arctodiptomus bacillifer</i> Koelbel	100	100	96,6
	<i>Diaptomidae</i>	64	-	-
	<i>Cyclopoida</i> gen. sh.1	9	-	-
	<i>Cyclopoida</i> gen. sh.2	9	-	-
<i>Eucyclopinae</i>	9	-	-	

Наибольшую частоту встречаемости имели кроме двух коловраток - *K. longispina longispina*, *A. priodonta priodonta*, ракообразные - *D. longispina*, *M. viridis*, *A. bacillifer*. Численность составила 220,7 тыс. экз./м³ (таблица 2). Основу этого показателя формировали коловратки - 74,4%, субдоминировали веслоногие 21,4%,

среди которых наибольшего развития достигали младшие возрастные группы каланид, а так же науплии копепод. Биомасса планктонных организмов составила 2,90 г/м³. Основную долю этого показателя формировали ракообразные – 86,2%. Индекс сапробности составлял 1,46 (β-мезасапробный). Индекс видового разнообразия Шеннона – Уивера составлял – 1,02 бит/мг.

Таблица 2 - Численность (Ч., тыс. экз./м³) и биомасса (Б., г/м³) основных групп зоопланктона озера Маркаколь, июнь - сентябрь 2008 г., июнь 2009 г.

Зоопланктон	Лето 2008 г.*		Осень 2008 г.		Лето 2009 г.	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
<i>Rotifera</i>	108,3	0,21	22,6	0,71	164,4	0,44
<i>Cladocera</i>	3,8	0,55	2,2	0,20	9,1	1,3
<i>Copepoda</i>	42,3	0,99	21,0	0,60	47,2	1,2
Всего	154,5	1,74	45,9	0,87	220,7	2,90

Примечание: *- по [17]

За весь период исследований с 1956 по 2009 гг. максимальная численность зоопланктонного комплекса отмечалась в 2009 г. Биомасса колебалась в пределах от 0,04 г/м³ до 2,90 г/м³. Наибольшего значения этот показатель достигал летом 2008 г. и осенью 2009 – го (таблица 3).

Таблица 3 - Многолетняя динамика численности (тыс. экз./м³) и биомассы (г/м³) основных групп зоопланктона озера Маркаколь.

Год, месяц	<i>Rotifera</i>		<i>Cladocera</i>		<i>Copepoda</i>		Всего	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
1956, 06*	-	-	-	-	-	-	6.4-55.0	0.04-0.13
1956, 09*	-	-	-	-	-	-	23.0	0.15
1965, лето*	-	-	-	-	-	-	106.2	0.10
1978, 08*	-	-	-	-	-	-	93.9	1.53
1983, лето*	101.1	-	11.9	-	24.7	-	137.7	-
1984, весна*	98.2	-	3.2	-	77.8	-	179.2	-
1999, 07*	145.0	0.40	2.5	0.29	6.7	0.17	154.2	0.86
2008, 06*	108.3	0.21	3.8	0.55	42.3	0.99	154.5	1.74
2008, 09	22,6	0,07	2,2	0,20	21,0	0,60	45,9	0,87
2009, 06	164,4	0,44	9,1	1,3	47,2	1,2	220,7	2,90

Примечание: * - по [17]

При этом в зоопланктонном сообществе озера за 2008-2009 гг. состав доминирующих видов практический не изменился - *A. priodonta priodonta*, *K. cochlearis cochlearis*, *K. longispina longispina*, *D. longispina*, *A. denticornis*, *A. bacillifer*. Найдены новые виды из коловраток, которые ранее были не зарегистрированы в озере Маркаколь: *K. quadrata reticulata*, *K. tropica*, *B. quadridentatus melheni* и *B. quadridentatus hypthalmyros*.

По результатам всех проведенных съемок зоопланктона [3,5] фоновыми видами для озера являются: *A. priodonta priodonta*, *K. cochlearis cochlearis*, *K. longispina longispina*, *Daphnia longispina*, *Chydorus shearicus*, *Acanthodiptomus denticornis*, *Cyclops vicinus*. Также в состав фоновых видов входит рачок из подотряда *Calanoida* - *Arctodiptomus bacillifer*, ранее ошибочно идентифицированный как *Arctodiptomus salinus Daday* [3,17]. Из коловраток были найдены новые виды, ранее не зарегистрированные в озере Маркаколь: *K. quadrata reticulata*, *K. tropica*, *B. quadridentatus melheni* и *B. quadridentatus hypthalmyros*.

В период исследований численность зоопланктонного сообщества колебалась от 45,9 до 220,7 тыс. экз./м³. Биомасса колебалась от 0,87 до 2,90 г/м³. В целом количественные показатели зоопланктона по сравнению с прошлыми годами увеличились.

Величина индекса сапробности Пантле и Букку [14, 15] по годам не изменилась, в среднем составив - 1,54, что соответствует β- мезасапробной зоне или по классификации В.Н. Жукинского, О.П. Окснюк [16] и др. 3 классу качеству воды (удовлетворительной чистоты).

Индекс видового разнообразия Шеннона – Уивера [13] в исследованные годы изменялся от 0,76 до 1,02 бит/мг. Стоит отметить, что оценка данного индекса по зоопланктону оз. Маркаколь проводилась впервые, и, ввиду этого, нет возможности провести сравнительный анализ изменения видового разнообразия зоопланктона во времени по этому индексу. Но опираясь на работу А.М. Гилярова [18], в первом приближении можно заключить, что полученный показатель достаточно низок, видимо, это связано с ограниченным составом и выраженным доминированием нескольких видов в зоопланктонном сообществе оз. Маркаколь. Последующие исследования позволят составить ряды данного показателя во времени и в пространстве, и только на основе них

будет возможным произвести оценку динамики видового разнообразия зоопланктона оз. Маркаколь, что имеет большое значение для мониторинга состояния экосистемы заповедного озера.

Литература

- 1 Баймуханов М.Т., Зинченко В.К., Березовиков Н.Н., Зинченко Ю.К. Фауна позвоночных животных Маркакольского заповедника (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие). – Алматы: «Бастау».- 2008. – С. 3-6.
- 2 Стуге Т.С. История исследования зоопланктона и макрозообентоса озера Маркаколь // Труды Маркакольского заповедника. Усть-Каменогорск. - 2009. -Т.1. - ч.1. - С. 44-48.
- 3 Стуге Т.С., Девятков В.И. Зоопланктон озера Маркаколь // Труды Маркакольского заповедника. Усть-Каменогорск. - 2009. - Т.1. - Ч.1. - С. 82-100.
- 4 Таусон А.О. Озеро Марка-Куль // Ученые записки Пермского государственного университета. - 1938. - Т.3. - Вып.2. - С. 107-118.
- 5 Малиновская А.С., Тэн В.А. Зоопланктон озера Маркаколь // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. - Алма-Ата. - 1970. - Вып. 6. - С. 263-268.
- 6 Баймуханов М.Т. История рыболовства на озере Маркаколь, проблемы сохранения рыбных ресурсов, генофонда рыб и пути их решения // Труды Маркакольского заповедника. Усть-Каменогорск. - 2009. - Т.1. - Ч.2. - С. 90-101.
- 7 Баймуханов М.Т., Рақыбаева А.А., Джантасова А.С., Баймуханова Ж.М. О создании системы мониторинга за состоянием гидробиоценоза оз. Маркаколь (рукопись)
- 8 Шарапова Л.И., Фаломеева А.П. Методическое пособие для гидробиологических рыбохозяйственных исследований водоемов Казахстана (зоопланктон, зообентос). – Алматы. - 2006. - С.8-16.
- 9 Рылов М.В. Cysteroidea пресных вод // Фауна СССР. Новая серия, N 35; Ракообразные. М.-Л.: АН СССР. - 1948. - Т. III. - Вып.3. - 313с.
- 10 Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. - М.-Л.: Наука. - 1964. - 327с.
- 11 Рылов В.М. Пресноводные Calanoida СССР // Пресноводная фауна. - Л. - 1930. - Вып. 1. - 495с.
- 12 Кутикова Л.В. Коловратки фауны СССР. - Л.: Наука. – 1970. - 744 с.
- 13 Познанские Д.А., Жилукас В.Ю. Таблица для подсчета индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера. Депонированная в Лит. НИИНТИ. 18.03.83, № 1035. Ли – Д83. Вильнюс. 1983. – 5 с.
- 14 Унифицированные методы исследования качества вод Методы биологического анализа вод. Ч. 3. Издание 4. Москва 1983. С.69-91.
- 15 Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. - Ч. 3. - Издание 4. - Москва. - 1975. - С.156-166.
- 16 Жукинский В.Н., Осюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принцип и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. Журн. - 1981. - Т.17. - №2. - С. 38-49.
- 17 Отчет Биологическое обоснование общих допустимых уловов ленка и хариуса озера Маркаколь для проведения любительского рыболовства для нужд местного населения, проживающего в охранной зоне Маркакольского государственного природного заповедника // Фонды Учреждения «Институт гидробиологии и экологии» - Иргели. - 2008. -52 с.
- 18 Гиляров А.М. Классификация северных озер на основе данных по зоопланктону // Гидробиологический журнал, 1978. - №2. – 5-14 с.

Тұжырым

2008 және 2009 жылдары Марқакөл көлінің зоопланктонының түрлік құрамы мен сандық көрсеткіштері зерттелген. 20 ғасырдың 30 –шы жылдарынан бастап, қазіргі күнге дейін көлдегі зоопланктонның жағдайын алынған мәліметтер мен әдебиеттердегі мәліметтерге салыстырмалы сараптама жүргізілген.

Summary

In 2008 and 2009 years, investigated the species and quantitative indicators of lake zooplankton Markakol. On the basis of submissions received and analysis of literary sources, a comparative description of the status of zooplankton of the lake during the period from 30 - the 20 th century to the present.