УДК 502/504:591.524.12(282.256.162.26)

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА

#### А.А. Евсеева

В статье представлены материалы исследований зоопланктона Усть-Каменогорского водохранилища в 2005...2010 гг. Приведен список таксономического состава, количественные показатели развития зоопланктона в годы исследований. Дана оценка экологического состояния водоема по структурно-функциональным показателям зоопланктона.

Усть-Каменогорское водохранилище создано в 1952 г. в целях развития энергетики, водного транспорта и водоснабжения. Расположено в Восточно-Казахстанской области. Занимает межгорную долину каньонного типа протяженностью 71 км, площадью 37 км², объёмом 0,65 км³. Ширина водоема 400...750 м, наибольшая ширина 1200 м. Водохранилище глубоководное, средняя глубина при полном проектном наполнении составляет 17 м. Глубины в продольном направлении затопленного русла нарастают от 6 м в зоне подпора до 46 м у плотины.

Усть-Каменогорское водохранилище характеризуется большой проточностью с крайне неустойчивым обменом водных масс: 27...41 раз в год (в среднем, 23 раза). Регулирование стока водохранилища недельно-суточное.

По морфометрическим, гидрологическим и температурным характеристикам водоем условно разграничивается на три отличающиеся между собой части: верхнюю – от зоны подпора Бухтарминской ГЭС (БГЭС) до Пионерского мостика (железнодорожный мост через водохранилище); среднюю – от Пионерского мостика до залива Масьяновского; приплотинную (нижнюю) – от залива Масьяновский до плотины УК ГЭС.

Верхняя часть вблизи плотины БГЭС и г. Серебрянска характеризуется наличием небольшого течения, малыми глубинами и самой низкой температурой воды. На биотопы и биоценозы средней части вблизи п. Огневка значительное влияние оказывает добыча полиметаллических руд на Огневском руднике.

Усть-Каменогорское водохранилище — холодноводный водоем, его прогрев определяется поступающими водными массами из нижних и средних слоев Бухтарминского водохранилища. В летний период они не прогреваются выше 8,0 °С. В связи с этим, даже в период максимального прогрева температура в наиболее прогреваемой средней части водоема не превышает 22,0 °С на поверхности. Усть-Каменогорское водохранилище является ярким примером воздействия гидрологического режима на гидробиологические показатели. Особенности водоема — значительный водообмен, холодноводность, почти полное отсутствие литорали [10].

Материал и методика. Исследования зоопланктона Усть-Каменогорского водохранилища проводили в июне-июле 2005...2006 гг. в составе маршрутных экспедиций Алтайского филиала «Научно-производственного центра рыбного хозяйства», в июне-августе 2009...2010 гг. в составе экспедиций Восточно-Казахстанского Центра гидрометеорологии. Всего за указанный период было обследовано 7 станций (19 створов), отобрано и обработано 78 количественных проб зоопланктона. Карта-схема станций отбора проб представлена на рис. 1.



Рис. 1. Карта-схема Усть-Каменогорского водохранилища со станциями отбора проб.

Количественные пробы зоопланктона отбирались в соответствии с «Методическим пособием при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос)» [16]. Определение различных групп организмов вели по соответствующим определителям [2, 4, 5, 7, 8, 9]. Для расчета биомассы использовали уравнения, при-

веденные в работе Е.В. Балушкиной и Г.Г. Винберга [1]. Уровень продуктивности определяли по «шкале трофности» С.П. Китаева [3]. Органическое загрязнение водной толщи оценивали по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека [13, 14, 15]. Оценку качества вод проводили в соответствии с «Комплексной экологической классификацией качества поверхностных вод суши по О.П. Оксиюк и В.Н. Жукинскому» [6]. Также использовали метод оценки загрязненности пресноводных экосистем по показателям развития зоопланктонных сообществ, который был разработан на основе результатов комплексных исследований на водоемах с различной загрязненностью в Российской Федерации [11]. Для определения структурированности гидробиоценозов рассчитывали индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера (по численности) [17].

Таксономический состав. В 2005...2010 гг. в составе зоопланктона Усть-Каменогорского водохранилища было обнаружено 38 таксонов, из них: коловратки — 19 видов, веслоногие рачки — 6, ветвистоусые рачки — 13. Наиболее часто встречались из коловраток Polyartha dolichoptera, Asplanchna priodonta, Kellicottia longispina; из копепод — Cyclops vicinus и Mesocyclops leukarti. Таксономический состав зоопланктона Усть-Каменогорского водохранилища представлен в табл. 1.

Таблица 1 Таксономический состав и частота встречаемости зоопланктона Усть-Каменогорского водохранилища, (%)

Таксоны	Сапробность	Частота встречаемости, (%)				
1 аксоны	Сапрооность	2005	2006	2009	2010	
	Rotifera					
Rotifera gen sp.	-	33	83	3	4	
Notommata saccigera Ehrenberg	0	-	67	-	-	
Eothinia sp.	-	-	-	3	11	
Trichocerca sp.	-	-	17	-	-	
Synchaeta sp.	-	17	-	-	-	
S. pectinata Ehrenberg	β-о	33	-	-	-	
S. kitina Rousselet	о-β	-	17	3	-	
S. tremula (Muller)	-	-	17	-	-	
Polyarthra dolichoptera Idelson	о-β	83	100	30	70	
Bipalpus hudsoni (Imhof)	0	-	17	9	-	
Asplanchna priodonta Gosse	о-β	58	100	64	71	
Lecane sp.	-	-	-	-	4	
L. (Muller)	о-β	8	50	-	-	
Keratella cochlearis (Gosse)	β-о	58	33	39	30	
K. quadrata (Muller)	о-β	58	33	76	48	

T	C	Частота встречаемости, (%)			
Таксоны	Сапробность	2005	2006	2009	2010
Kellicottia longispina (Kellicott)	0	92	83	88	67
Notholca acuminata (Ehrenberg)	-	17	33	-	-
Conochilus unicornis (Rousselet)	O	8	-	36	15
Filinia longiseta (Ehrenberg)	β-α	8	-	-	-
C	opepoda				
Neutrodiaptomus incongruens (S. Poppe)	-	8	-	24	7
Macrocyclops albidus (Jurine)	-	17	-	6	4
Cyclops vicinus (Uljanine)	-	58	83	94	89
Mesocyclops leuckarti (Claus)	-	50	67	52	100
Thermocyclops crassus (Fischer)	-	25	-	-	4
Harpacticoida gen sp.	-	-	-	9	4
C	ladocera				
Sida crystallina (Muller)	O	-	-	6	-
Diaphanosoma brachyurum (Lievin)	о-β	50	-	58	37
Ceriodaphnia quadrangula (Muller)	β	8	-	9	7
Daphnia sp.	-	-	-	-	4
D.cucullata (Sars)	β	33	-	30	37
Daphnia longispina (Muller)	β	18	4	-	-
Chydorus schaericus (Muller)	о-β	25	33	18	22
Alona quadrangularis (Muller)	о-β	-	-	3	-
Graptoleberis testudinaria (Fischer)	-	-	-	3	-
Acroperus harpae (Baird)	X-O	17	-	3	-
Macrotrix laticornis (Jurine)	β	-	-	18	4
Bosmina longirostris (Muller)	о-β	33	33	39	63
Leptodora kindti (Focke)	о-β	8	-	12	22
Всего количество таксонов в год		24	17	26	23

**Количественные показатели.** В 2005...2006 гг. средние значения биомассы зоопланктона варьировали в пределах 205...973 мг/м³, класс продуктивности: самый низкий – низкий; тип водоема по шкале трофности: ультраоглитрофный –  $\beta$ -олиготрофный (табл. 2).

Таблица 2 Численность (N, тыс. экз./м³) и биомасса (B, мг/м³) зоопланктона Усть-Каменогорского водохранилища

Группы	200:	2005 г.,		2006 г.,		2009 г.,		2010 г.,	
зоопланктеров	июнь-июль		июнь		июнь-август		июнь-август		
зоопланктеров	N	В	N	В	N	В	N	В	
Rotifera	19,9	158	24,9	275	7,5	24	7,1	9	
Copepoda	53,6	704	33,8	223	17,6	271	15,5	140	
Cladocera	6,1	111	24,5	103	6,0	184	2,4	56	
Всего	79,6	973	83,1	601	31,2	480	25,0	205	

Класс продуктивности и трофность по Китаеву [3]							
низкий класс, β-олиготрофный тип	низкий класс, β-олиготрофный тип	очень низкий, α-олиготрофный тип	самый низкий, ' ультраолиготрофный тип				

Доминирующей группой по численности и биомассе являлись веслоногие рачки.

**Оценка качества водоема.** Из 38 таксонов зоопланктонных организмов 23 являлись показателями сапробности. Отмечалось преобладание в зоопланктоне о-β-сапробных видов.

Значения индекса сапробности варьировали в пределах 2 класса качества. Воды на всех исследуемых станциях соответствовали категории «чистые» (табл. 3).

Таблица 3 Индекс сапробности Усть-Каменогорского водохранилища

Участки	Год				Среднее
водохранилища	2005	2006	2009	2010	Среднее
з. Масяновкий	-	1,22	-	-	1,22
з. Гусельничихинский	1,30	1,37	-	-	1,37
з. Феклистовкий	1,42	-	-	-	1,42
з. Таловский	1,40	-	-	-	1,40
Серебрянск	1,38	1,25	1,42	1,41	1,36
Огневка	-	-	1,47	1,47	1,47
Аблакетка	-	-	1,44	1,43	1,44
Среднее	1,38	1,28	1,44	1,44	1,39

Значения индекса видового разнообразия Шеннона-Уивера, рассчитанного по численности зоопланктона, в 2005...2010 гг. варьировали в широком диапазоне от 1,55 до 3,42. В 2005...2006 гг. индекс видового разнообразия составил 1,84...1,98, что позволило охарактеризовать водохранилище как водоем, имеющий невысокий уровень видового разнообразия и устойчивости сообщества (табл. 4). В 2009...2010 гг. индекс несколько увеличился, что указывает на структурные перестройки в гидробиоценозах.

Нарушения экологического баланса водных экосистем можно оценить через изменения в развитии планктонного пелагического сообщества. В качестве критерия механизма адаптации используется изменение соотношения общей численности и общего числа видов. Графический способ

обобщения информации позволил выделить на рисунке зоны, отождествляющие состояние экосистемы, и дать экологическую интерпретацию возможных природных модификаций экосистемы водоема в целом и отдельных его частей [11].

Таблица 4 Индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера (бит/экз.) Усть-Каменогорского водохранилища

Участки		Сранцаа			
водохранилища	2005	2006	2009	2010	Среднее
Масяновка	-	2,45	-	-	2,45
Гусельничиха	1,77	2,09	-	-	2,09
Феклистовка	2,00	-	-	-	2,00
з. Таловский	2,23	-	-	-	2,23
Серебрянск	1,93	1,59	2,43	2,06	2,03
Огневка	-	-	2,59	2,14	2,37
Аблакетка	-	-	2,51	2,44	2,48
Среднее	1,98	1,84	2,51	2,21	2,19
Класс качества	3		2		
Характеристика	воды умеренно загрязненные		воды чисть		ые

Проследим динамику состояния экосистемы исследуемого водохранилища за последние годы (рис. 2).

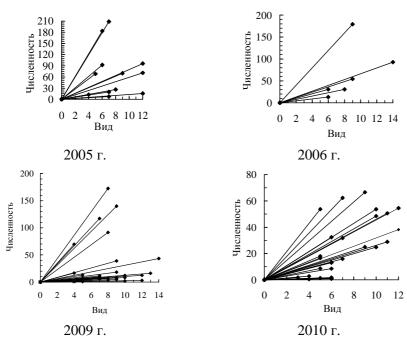


Рис. 2. Веер векторов для Усть-Каменогорского водохранилища.

Веер с короткими векторами с тенденцией приближения к оси абщис (см. рис. 2) характерен для экосистем с богатыми компенсационными возможностями. Это подтверждается количественными показателями развития, что проявляется в достаточно широком и равномерном веере пучка в 2005...2010 гг.

Расположение векторов в нижней части указывает на такое состояние экосистемы, для которой характерны низкий трофический потенциал и небольшое количество различных экониш, так как в течение всего исследуемого периода общее число видов не превышало восьми.

Таким образом, по расположению векторов в декартовой плоскости можно заключить, что Усть-Каменогорское водохранилище это водоем с богатыми компенсационными возможностями, признаков процесса антропогенного эвтрофирования не выявлено.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 169-172.
- 2. Ибрашева С.И., Смирнова В.А. Кладоцера Казахстана. Алма-Ата: Мектеп, 1983. 135 с.
- 3. Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // Тез. докл. V съезда ВГБО, ч. II. Куйбышев, 1986. С. 254-255.
- 4. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука, 1970. 744 с.
- 5. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М.-Л.: Наука, 1964. 326 с.
- 6. Оксиюк О.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29. №4. С. 62-71.
- 7. Определители организмов пресных вод СССР. Пресноводные CALANOIDA СССР. / В.М. Рылов. Л.: 1930. 288 с.
- 8. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Отв. ред. Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. Л.: Гидрометеоиздат, 1977.-512 с.
- 9. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. / С.Я. Цалолихин. СПб.: Наука, 1995. Т. 2. 628 с.

- 10. Отчет о научно-исследовательской работе «Экологический мониторинг, разработка путей сохранения биоразнообразия и устойчивого использования ресурсов рыбопромысловых водоемов трансграничных бассейнов. Раздел: Верхне-Иртышский бассейн (заключительный) 03.03.03.Н3», № ГР (РК) 0101РК00134
- 11. РД 52.24.565-96. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. Метод оценки загрязненности пресноводных экосистем по показателям развития зоопланктонных сообществ. М.: Госстандарт., 1996, 16 с.
- 12. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.
- 13. Унифицированные методы исследования качества вод. Атлас сапробных организмов. М.: Изд. СЭВ, 1977. Приложение 2. 227 с.
- 14. Унифицированные методы исследования качества вод. Индикаторы сапробности. М.: Изд. СЭВ, 1977. Приложение 1. 88 с.
- 15. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. М.: Изд. СЭВ, 1976. Часть III. 185 с.
- 16. Шарапова Л.И., Фаломеева А.П. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос). – Алматы, 2006. – 27 с.
- 17. Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Сборник научн. докл. VII междунар. конф «Экология и развитие Северо-Запада России», Санкт-Петербург, 2-7 авг. 2002 г. СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2002. С.110-129.

Восточно-Казахстанский центр гидрометеорологии, г. Усть-Каменогорск

## ӨСКЕМЕН СУҚОЙМАСЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ЗООПЛАНКТОН КӨРСЕТКІШТЕРІ БОЙЫНША БАҒАЛАУ

### А.А. Евсеева

Мақалада Өскемен суқоймасының 2005..2010 жылдардағы зоопланктонын зерттеу мәліметтері көрсетілген. Таксономикалық құрам тізімі, зоопланктонның зерттеу жылдардағы дамуының сандық көрсеткіштері қарастырылған. Зоопланктонның құрамдасфункционалды көрсеткіштері бойынша суқойманың экологиялық жағдайы бағаланған.