

Л. И. ШАРАПОВА

(ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», г. Алматы)

**БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОД
КАПШАГАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
ПО ЗООПЛАНКТОНУ (2009–2011 гг.)**

Аннотация

Отмечено постепенное ухудшение биологических показателей летнего зоопланктона 2009–2011 гг., как отклик на экологическое состояние среды обитания.

Ключевые слова: зоопланктон, биомасса, сапробность, биоиндикация, индексы.

Кілт сөздер: зоопланктон, биомасса, сапротылық, биоиндикация, көрсеткіштер.

Keywords: zooplankton, biomass, saproby, bioindication, indices.

Биоиндикация оценивает качество среды обитания по состоянию группировок гидробионтов, таких как зоопланктон, и основывается на показателях состава, структуры и обилия этих сообществ. По их отклику, реакции на условия обитания судят об экологическом состоянии водоемов. В последнее десятилетие биоиндикации качества среды и состояния водных экосистем придаётся всё большее значение.

На современном этапе разрабатываются способы интегрирования традиционных параметров в обобщенные индексы, суммарно отражающие общее состояние сообществ. В частности, разработан индекс экологического состояния экосистемы по биологическим параметрам макрозообентоса – индекс биологического состояния (ИБС), измеряемый в безразмерных единицах – баллах [1]. Данная методика модифицирована нами для анализа зоопланктона и используется для биоиндикации разнотипных водоёмов Казахстана [2-4].

Материал и методика

Летом 2009–2011 гг. общепринятыми методиками по постоянной сетке станций отобраны 60 проб зоопланктона. Проведен анализ его таксономического состава, встречаемости представителей, численности, биомассы видов, групп, всего сообщества

[5, 6]. Расчислены информационные индексы Шеннона-Уивера (H') по биомассе, более полно характеризующей структуру ценоза, индексы сапробности (загрязнения органикой) Пантле и Букка в модификации Сладечека (S), на основе выявленных видов индикаторов [7-9].

Результаты исследования и их обсуждение

Состав летнего зоопланктона водохранилища в 2009–2011 гг. включал 43 таксона, преимущественно, видового ранга [10]. Это истинные планктёры: коловратки – 19 разновидностей, ветвистоусые и веслоногие рачки – 9 и 11, а также факультативные для водной толщи организмы. Входили в них личинки моллюсков, гидры, нематоды, остракоды.

Общее количество разновидностей в сообществе по этим годам различалось в следующей последовательности: 14 – 37 – 28. Летом в планктоне были распространены теплолюбивые ветвистоусые рачки: *Daphnia galeata Sars*, *D. longispina Mull.*, *Diaphanosoma lacustris Kor.*, веслоногие *Neurodiaptomus (N.) incongruens (Poppe)*, *Thermocyclops taihokuensis (Harada)* и *T. crassus Fisch.*

Более изменчив по годам состав коловраток. В первый год из них присутствовали редкие особи только четырёх видов – *Synchaeta stylata (Wierz.)*, *S. kitina Rouss.*, *Polyarthra luminosa Kut.* и *Asplanchna priodonta Gosse*. В 2010 г. лидировали *A. priodonta priodonta Gosse.* и *A. priodonta helvetica Imhof.* из 17 видов группы, в 2011 г. – *Polyarthra luminosa Kut.* из 11 разновидностей *Rotifera*.

В июле 2010–2011 гг. более широко (78-79% встречаемости) были распространены личинки двустворчатых моллюсков, относительно предшествующих 2006–2008 гг. [4]. Но понизилась встречаемость (до 57–84%) обычно повсеместно распространенного крупного рачка диаптомуса, видимо, в результате более интенсивного выедания рыбой.

Полученные данные по видовой структуре, количественным показателям, индексам разнообразия и сапробности интегрировались в индекс биологического состояния – ИБС (таблица 1).

Таблица 1 – Базовые параметры и интегрированная оценка зоопланктона по районам Капшагайского водохранилища, июль 2009–2011 гг.

Районы	Количество видов	Численность, тыс. экз./м ³	Биомасса, мг/м ³	Индекс H', бит/мг	Индекс S	ИБС баллы
2009 г.						

Верхний	11	17,54	1365	1,41	1,51	3,2
Средний	9	10,08	484	2,08	1,52	2,8
Нижний	10	27,67	1667	1,90	1,49	3,4
Среднее	–	16,51	1054	1,80	1,51	3,1
2010 г.						
Верхний	34	15,9	454,1	1,53	1,36	3,0
Средний	17	14,7	960,6	1,56	1,33	3,2
Нижний	13	20,0	568,1	1,78	1,33	3,2
Среднее	–	16,5	656,4	1,62	1,34	3,1
2011 г.						
Верхний	14	16,3	681,6	0,42	1,45	2,8
Средний	20	8,5	307,9	1,59	1,59	2,8
Нижний	14	5,8	217,3	0,88	1,33	2,2
Среднее	–	10,3	402,1	0,96	1,46	2,6

Биоразнообразие ценоза значительно варьировало по районам в годы наблюдений. Более широкий спектр планктёров выявлен в 2010 г., при дополнительном исследовании отдельных зарослевых станций водоема.

В 2009–2011 гг. в составе летнего зоопланктона водохранилища идентифицировано 35 видов – индикаторов содержания органики в воде. Большую часть списка биоиндикаторов составляли олигосапробы – 17 видов, и β -сапробы – 10. Остальные категории отмечались в меньшей степени. Индикаторы зоны О - β представлены 5 видами, к β - О относятся 2 вида и к β – α – только 1. Максимальное число индикаторов – 27, отмечалось в 2010 г., за счёт зарослевых форм.

К организмам, переносящим здесь самую высокую степень концентрации органики, β – α индикаторам, отнесена только коловратка *Brachionus calyciflorus dorcas Gosse* в 2009 г. Полисапробы в планктоне отсутствовали, косвенно подтверждая низкий уровень органики в воде.

Индикаторная значимость видов, а также количественное их развитие позволили определить индексы сапробности, характеризующие степень присутствия органических веществ в отдельных районах водоёма (таблица 1). Эти критерии оценивали в 2009 г. водную среду по зоопланктону классом, приближенным к слабо загрязнённым водам (II – III), в 2010–2011 гг. – в основном, как чистую (II класс). Общая картина, в целом, соответствует снижению концентрации органики почти вдвое, от ее более повышенных значений (4,4 мг О/дм³) в 2009 г., к низким в 2010–2011 гг. (2,4 и 2,7 мг О/дм³) [10].

Количественные показатели зоопланктона создавали в разной степени по годам четыре группы беспозвоночных – коловратки, ветвистоусые и веслоногие рачки, личинки моллюсков. Аспект зоопланктона в июле всех трёх лет по численности (32,7–47,6%) и массе (88,5–94,9%) определялся ветвистоусыми рачками.

Летом 2009 г. по величине биомассы зоопланктона верхняя и нижняя части водохранилища оцениваются как умеренно трофные, как в среднем и весь водоём по известной шкале [11]. Только центральный район по планктону был низкотрофным. В 2010 г. биомасса характеризовалась как низкая для нижнего и среднего районов и очень низкая в верховье. Не выходит за пределы классов низкой кормности этот показатель и в 2011 г.

Обусловлено снижение продуктивности планктона падением концентрации ряда биогенных элементов, что способствовало сокращению численности обычно массовой летом дафнии, зависимой от их количества.

Упростилась и структура сообщества при снижении величин индексов разнообразия (Н') по отдельным районам в 2–3 раза.

Комплексная оценка экологического состояния зоопланктона, а по нему и водоёма в 2009–2011 гг. дана по модифицированной нами методике.

Для расширения базовой информации с результатами за последние годы использованы данные предшествующих трех лет [4]. Полученные пределы итоговых показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Градации показателей летнего зоопланктона Капшагайского водохранилища 2006–2011 гг., в баллах

Показатель, размерность	Баллы			
	1	2	3	4
Численность, тыс. экз./м ³	0,1 – 5,0	5,1 – 10,0	10,1 – 15,0	≥ 15,1
Биомасса, мг/м ³	1 – 500	501 – 1000	1001 – 1500	≥ 1501
Количество видов	1 – 5	6 – 10	11 – 15	≥ 16
Индекс Н'	0,1 – 1,0	1,1 – 1,5	1,6 – 2,0	≥ 2,1
Индекс S	2,05 – 1,95	1,94 – 1,85	1,84 – 1,75	1,74 – 1,33

На основе ранжирования массива информации по основным параметрам зоопланктона за шесть лет, выделено четыре их группы со значимостью каждой от 1 до 4 баллов. По данным последних двух лет корректировке подвергся ранг индекса сапробности в

пределах II класса вод в сторону снижения его минимальных значений относительно градации за предшествующие годы. Видимо, такая корректировка возможна в будущем и по другим показателям планктона, поэтому более верным будет брать массив данных протяжённостью больше трёхлетнего периода, указанного нами базовым ранее [4].

На основе полученной матрицы проведена оценка каждого набора параметров летнего зоо-планктона в 2009–2011 гг. безразмерной единицей – баллами (таблица 3).

Наиболее благополучным было экологическое состояние зоопланктона в 2009 и 2010 гг. Баль-ная оценка ценоза 2009 г. по биотопам указывает на его более удовлетворительное экологическое состояние на нижнем участке водохранилища. В основе лежат высокие значения численности, био-массы, благоприятный уровень органики в пелагиали по отклику организмов, а также относительно нормальная структура видового разнообразия (таблица 1, 3).

Бликие показатели указанных параметров характерны и для верхнего района, за исключением пониженного значения индекса Шеннона-Уивера. Соответственно, сходным значением выражена и интегральная бальная оценка планктона по двум районам – 3,2 и 3,4.

Таблица 3 – Комплексная оценка показателей летнего зоопланктона 2009–2011 гг. по районам водохранилища, в баллах

Показатель, размерность	2009 г.			2010 г.			2011 г.		
	1*	2	3	1	2	3	1	2	3
Численность, тыс. экз./м ³	4	3	4	4	3	4	4	2	2
Биомасса, мг/м ³	3	1	4	1	2	2	2	1	1
Количество таксонов	3	2	2	4	4	3	3	4	3
H', бит/мг	2	4	3	2	3	3	1	3	1
Индекс сапробности	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Сумма баллов	16	14	17	15	16	16	14	14	11
Среднее значение ИБС, баллы	3,2	2,8	3,4	3,0	3,2	3,2	2,8	2,8	2,2
<i>Примечание: 1* – Верхний район, 2 – Средний, 3 – Нижний.</i>									

Сходство развития сообщества по указанной акватории обусловлено сравнительно высоким уровнем органики за счёт притока биогенов рек и, как известно, соответствующим развитием пищи для беспозвоночных. Последним фактором, видимо, и вызвана массовость в верховье дафнии, за счет которой упрощается структура ценоза (H' – 1,41).

Для среднего района, с более гомотопной средой обитания, пониженная оценка состояния планктона обусловлена невысокими (ниже в 2–3 раза) количественными показателями. В связи с чем, несмотря на оптимальную структуру ценоза, с высокой выравненностью особей по видам ($H' = 2,08$) и, практически, аналогичный предыдущим индекс сапробности, биологическое состояние планктона данного участка оценивается ниже других, на 2,8 балла.

В 2010 г. более высокое биоразнообразие, при сходной численности планктёров, но с пониженной биомассой и индексами сапробности по низкому уровню органики относительно 2009 г., характеризуют ценоз таким же относительным благополучием, как и в прошлом году. Хорошо оценивается планктон среднего и нижнего участков водоема и чуть ниже – верхний, не выпадая из этого среднего класса градаций, 3,0–3,2 балла.

Летом 2011 г. зоопланктон в условиях верхнего и центрального районов водохранилища характеризовался сходным пониженным уровнем состояния параметров. Более высоко оценивались только два показателя для всей акватории: по численности особей (верховье) или биоразнообразию (средняя часть), при малой величине индекса сапробности для обоих районов (таблица 1,3). Пониженной оценке такого состояния ценоза – 2,6 балла, могло служить значительное снижение концентрации органических веществ, на что указывалось выше.

Как близкое к кризисному, характеризовалось состояние планктона 2011 г. в нижней части водоёма. Максимальным количеством баллов оценивался лишь один показатель – слабый отклик на низкий уровень органики. Стабильно низкое ее количество здесь, наиболее сильное загрязнение тяжёлыми металлами сдерживало рост биологических параметров ценоза сравнительно с другими районами. Превышение ПДК только по Cu составляло по данной акватории несколько десятков раз [10]. Из набора присутствующих здесь поллютантов – Cu , Cd , Zn , ионы первых двух считаются наиболее опасными для пресноводных ракообразных, вызывая сокращение их состава, вплоть до полного исчезновения [12].

По отклику зоопланктона на суммарный эффект воздействия на экосистему летом 2011 г., как более благоприятные в экологическом плане оценивались акватории верхнего и среднего районов водохранилища относительно нижнего, в виду особенностей среды обитания.

В период от 2009 к 2011 г. отмечено постепенное ухудшение состояния летнего зоопланктона верхнего района и более резкое – по нижнему, районов выраженного притока речных вод. Индекс биологического состояния ценоза среднего участка, более стабильного в водоёме, повышался от маловодного 2009 г. к многоводному 2010 г. При снижении водности летом 2011 г. значение ИБС также понизилось. В целом за указанный период интегральный индекс по большей части акватории водохранилища характеризовался величинами среднего уровня экологического благополучия, 2,8–3,4 балла.

Ранее, в 2006–2008 гг., со стабильно выраженной маловодностью водоёма, экологическое состояние зоопланктона оценивалось, в основном, низким биологическим индексом, 1,3–2,4 балла [4]. Аналогично отклику планктона оценивается по годам и

экологическое состояние среды его обитания – водной толщи водохранилища, более благополучное в 2009–2011 гг. относительно предшествующих трёх лет.

Межгодовая динамика биологических показателей зоопланктоценоза и качества воды обусловлена соответствующей изменчивостью факторов среды – объемом водности, притоком биогенных элементов и поллютантов, приуроченных в большей степени к верхнему и нижнему районам водохранилища.

ЛИТЕРАТУРА

1 Биоиндикация экологического состояния равнинных рек // Под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. – М.: Наука, 2007. – 403 с.

2 Шарапова Л.И. Способ комплексной оценки экологического состояния водоёмов по биологическим параметрам зоопланктона. – Патент 24796 Казахстан. – Опубликовано 15.11.2011. – Бюлл. № 11.

3 Шарапова Л.И. Комплексная оценка экологического состояния Алакольской системы озёр по зоопланктону // «Экология водных беспозвоночных» Мат-лы междунар. конф., посв. 100-летию Ф. Д. Мордухай-Болтовского. – Борок ИБВВ РАН, 30 октября – 2 ноября 2010 г. – Ярославль, 2010. – С. 349-352.

4 Шарапова Л.И. Интегральная оценка экологического состояния зоопланктоценоза Капшагайского водохранилища // Вестник КазНУ. Сер. биол. – 2011. – № 5(51). – С. 105-109.

5 Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.

6 Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоёмов Казахстана (планктон, зообентос). – Алматы, 2006. – 27 с.

7 Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. – М.: СЭВ, 1975. – Ч. 3. – 176 с.

8 Ермолаева Н.И., Двуреченская С.Я. Индикаторное значение различных групп зоопланктона лимнических систем Западной Сибири // «Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем» Сб. матер. междунар. конф., 23–27 октября 2006 г. – Санкт-Петербург. – СПб., 2007. – С. 217-221.

9 Андроникова И.Н. Оценка информативности показателей зоопланктона как индикатора в мониторинге озёрных экосистем // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. – СПб., 2007. – С. 212-216.

10 Комплексная оценка эколого-эпидемиологического состояния биоресурсов основных рыбохозяйственных водоёмов Казахстана для формирования государственного

кадастра. Раздел: Капшагайское водохранилище и река Иле. Отчёт о НИР (заключительный) // КазНИИРХ. – Алматы, 2011. – 107 с.

11 Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.

12 Черкашин С.А., Блинова Н.К. Влияние тяжёлых металлов на выживаемость ракообразных // Гидробиол. журнал. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 84-96.

REFERENCES

1 Bioindikacija ekologičeskogo sostojanija ravninnyx rek. Pod redakciej O.V.Buharina, G. S. Rozenberga. M.: Nauka. 2007. 403. (in Russ.).

2 Sharapova L.I. Sposob kompleksnoj ocenki ekologičeskogo sostojanija vodojmov po biologičeskim parametram zooplanktona. Patent 24796 Kazakhctan. Opyblikovan 15.11.2011. Бюлл. №11 (in Russ.).

3 Sharapova L.I. Kompleksnaja ocenka ekologičeskogo sostojanija Alakoľckoj systemy ozjor po zooplanktonu. Ekologija vodnuh besposvonochnuh. Materialu mezhdunarodnoj konferencii, posvjashjonnoj 100-letiju F.D. Morduchaj- Boltovskogo. Borok IBVV RAN. 30 oktjabrja - 2 nojabrja 2010 g. Jaroslavl'. 2010. 349 – 352 (in Russ.).

4 Sharapova L.I. Integral'naja ocenka ekologičeskogo sostojanija zooplanktocenoza Kapshagaiskogo vodohranilishha. Vestnik KazNY, ser. biol. 2011. №5 (51). 105 – 109 (in Russ.).

5 Rukovodctvo po hydrobiologičeckomy monitoringu presnovodnuh ekosistem. Sankt-Peterburg: Hidrometeoizdat. 1992. 318 (in Russ.).

6 Metodičeckoe pocobie pri hydrobiologičeckix ryboxozajctvennyx icclodovanijah vodojmov Kazakhctana (plankton, zoobentos). Almaty. 2006. 27 (in Russ.).

7 Unificirovannue metodu issledovanija kachestva vod. Metodu biologičeckogo analiza vod. M. : SEW. 1975. Ch. 3. 176 (in Russ.).

8 Ermolaeva N.I., Dvurechenskaja S. Ja. Indikatornoe znachenie razlichnux grupp zooplanktona limnicheskix sistem Zapadnoj Sibiri. Bioindikacija v monitoringe presnovodnuh ekosistem. Sbornik materialov mezhdunarodnoj konferencii 23 – 27 oktjabrja 2006 g. Sankt-Peterburg. SPb. 2007. 217 – 221 (in Russ.).

9 Andronikova I.N. Ocenka informativnosti pokazatelej zooplanktona kak indikatora v monitoringe ozjornyh ecosystem. Bioindikacija v monitoringe presnovodnuh ekosistem. Sbornik materialov mezhdunarodnoj konferencii. 23 – 27 oktjabrja 2006 g. Sankt-Peterburg. SPb. 2007. 212 – 216 (in Russ.).

10 Kompleksnaja ocenka ekologo-epidemiologicheskogo sostojanija bioresursov osnovnyh rybohozjajstvennyh vodojomov Kazakhctana dlja formirovania gosudarctvennogo kadastra. Razdel: Kapshagaiskoe vodohranilishhe i reka Ile. Otchjot o NIR (zakljuchitel'nyj). KazNIIRH. Almaty. 107 (in Russ.).

11 Kitaev С.Р. Osnovy limnologii dlja hydrobiologov i ichthyologov. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnij centr RAN. 2007. 395. (in Russ.).

12 Cherkashin S.A., Blinova N.K. Vlijanie tjazholyh metallov na vyzhyvaemost' rakoobraznyh. Hydrobiol. Zhurnal. 2010. T.46. № 4. S. 84 – 96 (in Russ.).

Резюме

Л. И. Шаранова

(Қазақ балық шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Алматы қ.)

ҚАПШАҒАЙ СУҚОЙМАСЫНЫҢ ЗООПЛАНКТОНЫ БОЙЫНША СУДЫҢ БИОИНДИКАЦИЯЛЫҚ САПАСЫ

2009–2011 жж. жазында тіршілік ортаның экологиялық жағдайының әсеріне тәуелді зоопланктон құрылымының биологиялық көрсеткіштері нашарлағаны анықталды.

Кілт сөздер: зоопланктон, биомасса, сапротылық, биоиндикация, индекстер.

Summary

L. I. Sharapova

(Kazakh Scientific Research Institute of Fishery, Almaty)

BIOINDICATION OF QUALITY WATER KAPSHAGAY RESERVOIR BY ZOOPLANKTON (2009–2011 ys.)

It was marked deterioration of biological indices zooplankton in summer period 2009–2011 ys. as answer on ecological state of environment.

Keywords: zooplankton, biomass, saproby, bioindication, indices.

Поступила 29.05.2013 г.