

**ЗООПЛАНКТОН И ЕГО РОЛЬ В ОЦЕНКЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗ. КУЛТУЧНОЕ  
(Г. ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКИЙ)**

**Т.В. Бонк, В.Г. Эльчапаров**

*Государственный научный центр Российской Федерации. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Камчатский филиал (КамчатНИРО), ул. Набережная, 18, г. Петропавловск-Камчатский, 683000, Россия.  
E-mail: t.bonk@kamniro.vniro.ru*

Приведен видовой состав, численность и биомасса зоопланктона оз. Култучное (г. Петропавловск-Камчатский). Проведен сравнительный анализ доминирующего комплекса видов в многолетнем аспекте. На основании значений рассчитанных трофических индексов было определено качество воды в водоёмах по показателям зоопланктона и определен трофический статус водоёмов.

**ZOOPLANKTON AND ITS ROLE IN ASSESSING  
THE ECOLOGICAL STATE OF KULTUCHNOE LAKE  
(PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY)**

**T.V. Bonk, V.G. Elchaparov**

*State Scientific Center of the Russian Federation. Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kamchatka branch (KamchatNIRO), Naberezhnaya str., 18, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia. E-mail: t.bonk@kamniro.vniro.ru*

The species composition, abundance and biomass of zooplankton of Lake Kultuchnoye (Petropavlovsk-Kamchatsky) are presented. A comparative analysis of the dominant complex of species in the multiyear aspect was carried out. Based on the values of calculated trophic indices, water quality in water bodies was determined by zooplankton indices and trophic status of water bodies was determined.

**Введение**

Озеро Култучное расположено на юго-востоке полуострова Камчатка в центре г. Петропавловска-Камчатского на берегу Авачинской губы, от которой отделено гравийной косой. Протока протяженностью 120 м соединяет водоём с губой. Многолетняя хозяйственная деятельность на берегах озера привела к значительному сокращению его площади, а протока, соединяющая водоем с Авачинской губой, заключена в трубу. Небольшая часть озера была отделена дамбой, что превратило её в сильно заиленное озерцо (Введенская, 2017). Таким образом, оз. Култучное разделилось на два водоёма Большое и Малое. Эти преобразования способствовали постепенному изменению как гидрологического, так и трофического статуса водоёма. Для сохранения озера и изменения его экологического состояния необходимо иметь сведения обо всех его составляющих, в данной работе речь пойдет о зоопланктоне и оценке экологического состояния оз. Култучное по данной характеристике.

## Материалы и методы

Современные морфометрические характеристики оз. Култучное (Большое и Малое) представлены в (табл. 1). Видовой состав зоопланктонных организмов определяли из всех сборов, которые были проведены на озере с 2008 г.

Таблица 1

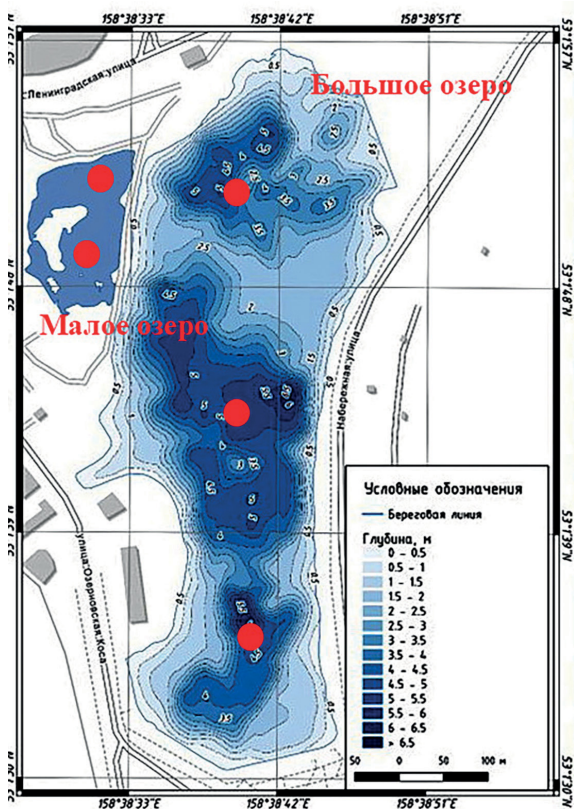
**Уточненная морфометрическая характеристика оз. Култучное**  
(<https://sediment.ru/data/kultuchnoe2020.pdf>)

Параметры	Оз. Култучное (Большое)	Оз. Култучное (Малое)
Площадь водной поверхности, км <sup>2</sup>	0,167	0,014
максимальная длина, м	820	
максимальная ширина (с запада на восток), м	286	
Объем озера, тыс. м <sup>3</sup>	436	4,4
Средняя глубина, м	3,2	
Минимальная глубина, м	0,3	
Максимальная глубина, м	6,9	до 1 м

Начальные мониторинговые работы в оз. Култучное (Большое) в период 2008–2011 гг. были проведены эпизодически и фрагментарно. В июле 2008 и 2009 гг. были собраны по две пробы зообентоса в западном и южном районах озера. В центральной части озера планктон был собран в июне и сентябре 2010 г. и мае–июне 2011 г. В августе 2019 г. и в мае–июне 2024 г. зоопланктон отбирали на трех станциях, соот-

ответствовавших районам южному, центральному и западному. Также в июне 2024 г. пробы собраны на двух станциях оз. Култучное (Малое) (рис. 1).

Отбор проб проводили сетью Джели с диаметром входного отверстия 12 см и размером ячеей фильтрующего конуса 93 мкм (газ № 70). В малом водоеме применяли процеживание 50 л воды через планктонную сеть. Пробы фиксировали 4 % раствором формальдегида и обрабатывали по стандартной методике (Методические рекомендации..., 1984). При обработке проб большинство организмов идентифицировали до вида или до более крупного таксона, ориентируясь на Атласы и определители (Кутикова, 1970;



**Рис. 1.** Схема районов отбора проб зоопланктона в 2024 г.  
(<https://sediment.ru/data/kultuchnoe2020.pdf>)

Einsle, 1996; Коровчинский и др., 2021; Определитель..., 1995, 2010;). Малочисленные, редко встречающиеся и крупные виды учитывали во всей пробе при тотальном просмотре. Биомассу коловраток рассчитывали, как произведение их численности на среднее значение массы тела одного экземпляра, согласно опубликованным таблицам (Кононова, Фефилова, 2018). Индивидуальную массу организмов зоопланктона других систематических групп определяли по формулам зависимости массы от длины тела (Балушкина, Винберг, 1979). Длину планктеров измеряли окулярмикроскопом. При анализе материала использованы стандартные качественные и количественные (численность экз./м<sup>3</sup> и биомасса мг/м<sup>3</sup>) характеристики зоопланктона (Киселёв, 1969).

Оценку трофического статуса водоемов провели по соотношению таксономических групп зоопланктона, т. н. индексам трофности, например, отношению численности кладоцер к численности копепоид ( $N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cope}})$  (Андронникова, 1996) или отношению биомассы ракообразных к биомассе коловраток ( $B_{\text{Crus.}}/B_{\text{Rot.}}$ ) (Мяэметс, 1980), или по отношению числа видов кладоцер к числу видов копепоид (Иванова, 1976). Значение последнего показателя больше 1 говорит о слабом загрязнении вод.

Средний индекс сапробности для каждого водоема рассчитали по методу ((Пантле и Букка (1955) в модификации Сладечека (1967) в Руководстве... (Руководство..., 1983)) по формуле:

$$S = \sum(sh) / \sum h,$$

где  $S$  – индекс сапробности водоема;  $s$  – индивидуальный индекс сапробности вида;  $h$  – частота встречаемости вида.

При расчете сапробности водоемов по зоопланктону ориентировались на индивидуальные индексы сапробности и таблицу частоты встречаемости, приведенные в Руководстве... (Руководство..., 1983). Оценку качества воды по гидробиологическим показателям провели по ГОСТ 17.1.3.07-82.

### Результаты и обсуждение

Список зоопланктонных организмов, отмеченных нами в периоды: 2008–2011, 2019, 2024 гг. в оз. Култучное, составляет 34 вида и основан на однократно взятых пробах в трёх районах озера Большое и двух – в озере Малое (табл. 2). Из них отряд коловраток (Rotifera) самый богатый по числу идентифицированных видов – 22, веслоногих ракообразных (Copepoda) – 6 (Calanoida 1 вид, Cyclopoida – 5), ветвистоусых ракообразных (Cladocera) – 5 видов. Моллюски представлены глохидиями *Beringiana beringiana*.

Средние количественные показатели основных групп зоопланктона, их соотношение отражают состояние планктона в разные периоды 2010–2011, 2019 и 2024 гг. В 2010 г. по численности и по биомассе доминировали кладоцеры, а именно *Daphnia* гр. *longispina*, которая создавала 80 и 90 %, соответственно. Остальные 20 % численности пришлось на веслоногих раков, *C. kikuchii*. В 2011 г. доминировал *C. kikuchii*, по численности 99 % и 77 % по биомассе, представленный в основном науплиусами и рачками младших копепоидитных стадий (4,2 %). Среди коловраток ведущее положение занимали виды рода *Brachionus*, средняя биомасса которых составила 63 мг/м<sup>3</sup>. В августе 2019 г. превосходство по численности и биомассе (90 %) было отмечено в группе ветвистоусых раков, которая была представлена тремя видами: *Daphnia galeata*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus schaefericus*. Босмина была абсолютной доминантой 99 % от численности и биомассы всей группы. Средняя биомасса зоопланктона составляла 4,8 г/м<sup>3</sup> при численности 491 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В майских

Таблица 2

**Таксономический состав зоопланктона на обследованных акваториях  
в оз. Култучное**

№	Таксон	Озеро Култучное (большое)	Озеро Култучное (малое)
<b>Rotifera (коловратки)</b>			
1	<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	+	–
2	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	+	+
3	<i>B. calyciflorus calyciflorus</i> Pallas, 1766	+	–
4	<i>B. calyciflorus anuraeiformis</i> Brehm, 1909	–	+
5	<i>B. quadridentatus cluniorbicularis</i> Skorikov, 1984	–	+
6	<i>Chephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	+	–
7	<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	+	–
8	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	–	+
9	<i>F. brachiata</i> (Rousselet, 1901)	–	+
10	<i>F. terminalis</i> (Plate, 1886)	+	–
11	<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	–	+
12	<i>K. quadrata dispersa</i> Carlin, 1943	+	+
13	<i>K. quadrata quadrata</i> (Müller, 1786)	–	+
14	<i>Notholca acuminata extensa</i> Oloffson, 1918	+	–
15	<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	+	+
16	<i>P. remata</i> Skorikov, 1896	–	+
17	<i>P. minor</i> Voigt, 1904	–	+
18	<i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg, 1832)	+	–
19	<i>R. rotatoria</i> Pallas, 1766	–	+
20	<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	+	+
21	<i>S. tremula</i> (Müller, 1786)	+	+
22	<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1786)	–	+
<b>CRUSTACEA (РАКООБРАЗНЫЕ)</b>			
<b>Copepoda (веслоногие раки)</b>			
23	<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht, 1889	+	–
24	<i>Cyclops kikuchii</i> Smirnov, 1932	+	+
25	<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	+	–
26	<i>D. nanus</i> (Sars, 1863)	–	+
27	<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+	–
28	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	–	+
<b>Cladocera (ветвистоусые раки)</b>			
29	<i>Daphnia (D) galeata</i> Sars, 1863	+	–
30	<i>D. (D) longispina</i> s. l. O.F. Müller, 1776	+	+
31	<i>Bosmina (B) longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	+	–
32	<i>Chydorus schaefferi</i> (O.F. Müller, 1785)	+	–
33	<i>Simocephalus (S) vetuloides</i> Sars, 1898	–	+
<b>MOLLUSCA (МОЛЛЮСКИ)</b>			
34	<i>Beringiana beringiana</i> (Middendorff, 1851) (глохидии)	+	–
Всего таксонов		22	20

Примечание: + означает присутствие вида в пробе, прочерк – вид при просмотре пробы не найден.

пробах 2024 г. в зоопланктоне оз. Култучное (Большое) по численности (53 %) преобладали Rotifera, доминировала *S. tremula* (88 % от численности коловраток), а также копепода *C. kikuchii* (46 %) основу численности популяции создавали науплиусы (41 %) и копеподиты II и III стадии (13 %). В Малом озере коловратки занимали ведущее положение и по численности и по биомассе (98,5 % от численности зоопланктона) (табл. 2, 3).

В результате сравнения количественных показателей зоопланктона за сходный период исследований в основном водоеме на центральной станции было отмечено, что в мае 2011 г. основу планктонного сообщества представляли копеподы, а именно их науплиусы, численность которых составила 198 тыс. экз./м<sup>3</sup>, и биомасса – 238 мг/м<sup>3</sup>, в июне – популяция циклопов была представлена всеми возрастными стадиями (табл. 2, 3). В мае 2024 г. в планктоне отмечено численное преобладание коловраток и уменьшение веслоногих раков, что может говорить об эвтрофировании водоема. Признаком эвтрофирования можно также считать резкое увеличение численности коловраток из семейств Brachionidae с трех в 2011 г. до пяти видов в 2024 г. Характеристику трофического статуса оз. Култучного проводили по показателям 2024 г., так как исследования озера в этот год были наиболее полные (табл. 5). Индивидуальные индексы сапробности видов зоопланктона приведены в табл. 6.

В оз. Култучное (Большое) отношение числа видов кладоцер к числу видов копепод равно 2, что может свидетельствовать об умеренном загрязнении воды (Иванова, 1976). Среднее для Большого озера значение  $N_{\text{Clad.}}/N_{\text{Cop}}$  характеризует водоем как олиготрофный (Андроникова, 1996), а  $B_{\text{Crus.}}/B_{\text{Rot.}}$  – как олиготрофный. Среднее для Малого водоема значение  $B_{\text{Crus.}}/B_{\text{Rot.}}$  соответствует эвтрофному типу (Мяэметс, 1980) (табл. 5).

Индекс сапробности, как оз. Култучное (Большое), так и оз. Култучное (Малое) укладываются в интервал 1,51–2,50, что соответствует  $\beta$ -мезосапробной зоне (Руководство..., 1983) и характеризует степень загрязненности воды в водоемах как умеренно загрязненную или воду III класса чистоты (ГОСТ.17.1.03.7-82) (табл. 6).

По величине биомассы зоопланктона (< 1 г) оба обследованных водоема соответствуют олиготрофному типу, что, на первый взгляд, противоречит трофическому статусу, установленному по экологическим характеристикам. На самом деле оценка трофности, как и степени загрязненности водоемов по биомассе зоопланктона – это интегральный показатель, который формируется данными наблюдений за весь летний период. Поэтому в нашем случае экологическая оценка оз. Култучное по зоопланктону, проведенная по индивидуальным экологическим характеристикам видов, адекватно отражает ситуацию.

### Заключение

Результаты наших исследований показывают сходство в качественном составе, структуре и количественных показателях ракового планктона в обоих водоемах. Доминирующие виды ракообразных *Cyclops kikuchii* и *Daphnia galeata*, *Bosmina longirostris* подтвердили свой стабильный статус в озере во все годы изучения планктона. Это подтверждается и архивным материалом за 1982 г. Ведущий комплекс пелагического зоопланктона складывается из видов-индикаторов  $\beta$ -мезосапробных условий. По величине индекса сапробности озеро Култучное (Большое и Малое) можно отнести к III классу качества воды. По показателям трофии оба водоема характеризуются как эвтрофные.





Таблица 5

Оценка уровня трофности оз. Култучное по показателям зоопланктона

№	Показатель	Оз. Култучное (большое)	Оз. Култучное (малое)
1	Число видов	22	20
2	Постоянство видового состава	Изменчивый	изменчивый
3	число видов Clad./ число видов Cop.	2	0
3	$N_{Clad.}/N_{Cop.}$	0.15	–
4	Е/О показатель трофии	1,75 эвтрофный	3,5 эвтрофный
5	Е– коэффициент трофии	4 эвтрофный	12– гипертрофный
6	N (тыс.экз./м³)	106,5 олиготрофный	225,7 эвтрофный
7	B (г/м³)	0,16 α-олиготрофный	0,24 α-олиготрофный
8	Функция рангового распределения видов	2 доминанты (Copepoda-Rotifera)	2 доминанты (Rotifera)
9	R:Cl:Cop (по N), %	53:1:46	98.6: 0:1.4
10	R:Cl:Cop (по B), %	17:8:75	98.5:0:1.5
11	B cru/Brot	4.8 олиготрофный	0.02 эвтрофный
12	Индекс сапробности водоема, S	1,74 β-мезосапробная зона	2,0 β-а-мезосапробная зона
	Трофический статус	эвтрофный	эвтрофный

Таблица 6

Список видов-индикаторов сапробности зоопланктона на обследованных акваториях в оз. Култучное в 2024 г.

Водоем	Оз. Култучное (большое)		Оз. Култучное (малое)	
Дата отбора пробы	28.05.2024 г.		20.06.2024 г.	
Таксон	Индекс сапробности вида (s)	Частота встречаемости, h	Индекс сапробности вида (s)	Частота встречаемости, h
<b>Rotifera (коловратки)</b>				
<i>Synchaeta pectinata</i>	1,7	2	1,7	4
<i>S. tremula</i>	1,2	9	1,2	4
<i>Brachionus calyciflorus</i>	2,5	2	2,5	9
<i>Filinia terminalis</i>	1.4	1	–	–
<i>F. longiseta</i>	-	-	2,3	3
<i>Keratella quadrata dispersa</i>	1,55	1	1,55	5
<i>K. quadrata quadrata</i>	–	–	2.5	1
<i>K. cochlearis</i>	–	–	1,3	1
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	1,55	1	–	–
<i>P. remata</i>	–	–	1,9	6
<i>Rotaria neptunia</i>	3,8	1	–	–
<i>R. rotatoria</i>	–	–	3,2	1
<i>Trichotria pocillum</i>	–	–	1.6	1
<b>Copepoda (веслоногие раки)</b>				
<i>Cyclops kikuchii</i> (науплии)	–	–	2,1	1
(копеподиты)	2,1	9	–	–
<b>Cladocera (ветвистоусые раки)</b>				
<i>Daphnia galeata</i>	1,9	1	–	–
<i>Bosmina longirostris</i>	1,6	1	–	–
S	1.66		2.0	

Примечание: прочерк означает отсутствие организма в пробе

## Литература

- Андроникова И.Н. 1996. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука. 189 с.
- Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. 1979. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука. С. 169–172.
- Введенская Т.Л. 2017. Озеро Култучное – вчера, сегодня, завтра: оценка экологического состояния // Экологическое состояние оз. Култучное, меры по его улучшению и возможности хозяйственного использования: Докл. науч.-практ. конф: Петропавловск-Камчатский: Изд. Камчатпресс. С. 34–55.
- ГОСТ 17.1.3.07–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. 10 с.
- Иванова М.Б. 1976. Влияние загрязнения на планктонных ракообразных и возможность их использования для определения степени загрязнения рек // Методы биологического анализа пресных вод. Л.: Изд. ЗИН АН СССР. С. 68–80.
- Кононова О.Н., Фефилова Е.Б. 2018. Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона европейского севера России. Сыктывкар. 152 с.
- Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синев А.Ю., Неретина А.Н., Гарибян П.Г. 2021. Ветвистые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. II. М.: Товарищество научных изданий КМК. 544 с.
- Кутикова Л.А. 1970. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука. 697 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. 1984. Л.: Промрыбвод. 19 с.
- Мязметс А.Х. 1980. Изменения зоопланктона // Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука. С. 54–64.
- Определитель пресноводных беспозвоночных СССР. 1995. Т. 2. Ракообразные. С.-П.: Типограф. № 1 ВО «Наука». 631 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. 2010. М.: КМК. 495 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. 1983. СПб.: Гидрометеиздат. 318 с.
- Einsle U. 1996. Copepoda: Cyclopoida genera *Cyclops*, *Megacyclops* and *Acanthocyclops*. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 10, SPB Academic Publishing BV, New York, Amsterdam. 112 p.