

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗ. КУЛТУЧНОЕ
(Г. ПЕТРОПАВЛОВСК-КАМЧАТСКИЙ) ПО СОСТАВУ
МАКРОЗООБЕНТОСА**

Д.Ю. Хивренко, 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: d.hivrenko@kamniro.vniro.ru*

Приведен таксономический состав, численность и биомасса макрозообентоса оз. Култучное (г. Петропавловск-Камчатский). На основании значений индекса Гуднайта и Уитлея было определено качество озерных вод по показателям макрозообентоса. Произведен ретроспективный анализ распределения макрозообентоса, основанный на данных ранее проведенных исследований озера (с 2010 по 2024 гг.). Сделан вывод о загрязнении донных биотопов озерных вод и общем неблагоприятном экологическом состоянии водоема.

**ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF
KULTUCHNOYE LAKE (PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY)
BY MACROZOOBENTHOS COMPOSITION**

D. Yu. Khivrenko, 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: d.hivrenko@kamniro.vniro.ru

Taxonomic composition, abundance, and biomass of macrozoobenthos in Kultuchnoye Lake (Petropavlovsk-Kamchatsky) are presented. Based on methods of biotic indices calculations, the quality of the lake waters was characterized according to macrozoobenthos indicators. A retrospective analysis of macrozoobenthos distribution was made based on the data of earlier (from 2010 to 2024) studies of the lake benthal and littoral. It is concluded that pollution of the bottom layers of lake waters is critical and the ecological condition of the lake is generally unsatisfactory.

Введение

Озеро Култучное расположено на Юго-Восточном побережье полуострова Камчатка, в историческом центре г. Петропавловск-Камчатский. Согласно имеющимся литературным данным озеро являлось типичным лиманным солоноватым водоемом, в который более 100 лет назад впадали небольшие притоки (Дитмар, 1901; Комаров, 1912). Озеро соединялось с Авачинской губой протокой, а в период прилива и штормовых явлений морские воды поступали в водоем (Дитмар, 1901; Комаров, 1912). В результате антропогенной трансформации водосборной площади, засыпки более 65 % водного зеркала, перевода притоков в кульверты и антропогенного изменения протоки озерные воды опреснились (Введенская и др., 2013).

Озеро сохранило относительно небольшой сток в Авачинскую губу. Ранее в водоем через протоку ежегодно заходили анадромные виды рыб (Дитмар, 1901; Комаров, 1912). В настоящее время антропогенно измененный водоем является приемником неочищенных хозяйственно-бытовых и ливневых стоков (Голованева и др., 2016). Несмотря на существенное загрязнение, водоем является неотъемлемой частью истории краевого центра. В процессе современного развития городской инфраструктуры в непосредственной близости от акватории была создана культурная и спортивная инфраструктура (экотропа, скейт-парк, футбольные площадки, парки и т. д.). В результате проведения дноуглубительных работ, осуществленных в конце XX в., часть акватории озера была отделена насыпной дамбой, что привело к образованию малой акватории. Вопрос о современном экологическом состоянии озера и степени его загрязненности имеет актуальное практическое значение, поэтому цель настоящего исследования – провести оценку экологического состояния оз. Култучное по макрозообентосу.

Материал и методика

Пробы макрозообентоса отбирали лотом с храпцом (площадь облова 0,0042 м²) на глубоководных станциях и малым бентометром (площадь облова 0,0625 м²) на прибрежных станциях, большой акватории оз. Култучное (далее Большое озеро) и малого водоема (далее Малое озеро). Пробы были отобраны 28.05.2024 г. и частично 25.09.2024 г. Всего было отобрано 8 проб бентоса.

Обработку бентосных проб осуществляли согласно общепринятой методике (Тиунова, 2003). Таксономическое определение и количественную оценку макрозообентоса проводили с помощью определителей (Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1997; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1999; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 2001), используя бинокулярный микроскоп «Levenhuk 3ST», камеру Богорова и лабораторные весы AS220/C/2.

Для определения качества поверхностных вод по составу макрозообентоса был рассчитан биотический индекс Гутнайта-Уитлея (ГОСТ 17.1.3.07-82*), а также модифицированный олигохетный индекс, предложенный Карр и Хилтонен в 1965 г. (Методы оценки..., 2015).

Класс качества поверхностных вод по зообентосу и степень загрязнения озерных вод определяли по таблице «Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим и микробиологическим показателям» ГОСТ 17.1.3.07-82*.

Архивные данные о таксономическом составе бентофауны водоемов были взяты из имеющихся публикаций и фондовых материалов «КамчатНИРО».

Выбор бентосных станций был обусловлен морфологическими особенностями котловины озера, а именно: вытянутая форма, сложное строение дна, а также три локальных понижения рельефа. Вследствие этого, в Большом озере выбрали три глубоководных станции 1, 2, 3 – бенталь и станции 4, 5 – литораль. В Малом озере были определены 3 станции – 2 из которых (1 и 2) расположены на глубинах около 1 метра, станция 3 прибрежная (рис. 1).

Результаты и обсуждение

Первые данные о таксономическом составе зообентоса Большого озера и Малого озера были получены в 2008 г. при эпизодическом сборе материала (Введенская и др., 2013). В последующие годы (2010–2018) информация о составе бентоса собиралась также при однократном отборе проб.

В 2024 г. в Большом озере было найдено 10 групп бентосных животных, в Малом озере – 7 (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический состав макрозообентоса в бассейне оз. Култучное в 2024 г.

| № | Таксон | Большое озеро | Малое озеро |
|----|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | Planaria | + | – |
| 2 | Nematoda | + | + |
| 3 | Oligochaeta | + | + |
| 4 | Tubificidae | – | + |
| 5 | Lumbricidae | – | + |
| 6 | Hirudinea | + | – |
| 7 | Trematoda | + | – |
| 8 | Ostracoda | + | – |
| 9 | Hydracarina | + | – |
| 10 | Mollusca | + | + |
| 11 | Ephemeroptera | + | – |
| 12 | Ceratopogonidae | – | + |
| 13 | Chironomidae | + | + |

На станции 1 в Большом озере из обнаруженных бентосных организмов по численности преобладали брюхоногие моллюски (72 %), постоянно обитающие хирономиды и олигохеты имели здесь невысокие значения (табл. 2).

На станции 2 единственными представителями зообентоса были олигохеты, их численность и биомасса составила 9,0 тыс. экз./м² и 10,8 г/м².

На глубоководной станции 3 в пробе найдены олигохеты и хирономиды, их численность составила 700 экз./м², биомасса – 0,4 г/м².

На литоральной станции 4 в бентосе исключительные значения принадлежат олигохетам по численности и биомассе (91 %), остальные представители беспозвоночных нематоды, пиявки, брюхоногие моллюски и хирономиды.

Состав зообентоса на литоральной станции 5 был намного разнообразнее и представлен уже 10 таксонами. Наибольшую и практически одинаковую численность образуют две группы организмов – олигохеты (51,6 %) и хирономиды (37,4 %), однако максимальная биомасса принадлежит хирономидам (72 %).

В Малом озере также разнообразие макрозообентоса изменялось в зависимости от места отбора проб. На глубоководных станциях (1, 2) по численности преобладали олигохеты (72 %) и брюхоногие моллюски (13 %), однако биомассу образовывали дождевые черви и брюхоногие моллюски (45 % и 42 %, соответственно).

На литоральной станции Малого озера самыми многочисленными обитателями были по-прежнему олигохеты (56 %), а также личинки хирономид (27 %), при этом наибольшая биомасса принадлежала личинкам хирономид (42 %). Прочие беспозвоночные в пробе имели невысокие значения.

По результатам исследований 2024 г. было установлено, что в оз. Култучное повсеместно доминировали олигохеты, в состав доминантов входили также моллюски и хирономиды.

Следует отметить, что на станции 5 Большого озера были найдены трематоды. Ранее трематоды в оз. Култучное были отмечены Т.Л. Введенской (Введенская и др., 2013). Большинство трематод известны как возбудители многих болезней человека и животных, таких как трематодоз, шистозомоз и других заболеваний. На других станциях Большого озера и в Малом озере трематод не обнаружили.

Таблица 2

Состав, численность и биомасса бентосных беспозвоночных в оз. Култучное, в 2024.

| Таксоны | | Большое озеро | | | | | | | | | | Малое озеро | | | | | |
|-----------------|--|---------------|---------|-------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|--------|--------------|--------|-----------|---------|--------|---------|
| | | май | | | | | | май | | сентябрь | | июнь | | май | | | |
| | | станция № 1 | | станция № 2 | | станция №3 | | станция №4 | | станция №5 | | станция №1,2 | | станция№3 | | | |
| | | N | B | N | B | N | B | N | B | N | B | N | B | N | B | | |
| Planaria | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 320 | 0,080 | — | — | — | | |
| Nematoda | | — | — | — | — | — | — | 1024 | 0,013 | 1920 | 0,024 | 3984 | 0,051 | 238 | 0,003 | 17024 | 0,216 |
| Oligochaeta | | 238 | 0,881 | 9048 | 10,833 | 476 | 0,429 | 17552 | 10,344 | 24480 | 13,195 | 24176 | 4,874 | 7619 | 11,738 | 63152 | 45,216 |
| Tubificidae | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 192 | 1,190 |
| Lumbricidae | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 952 | 74,238 | 1008 | 56,109 |
| Hirudinea | | — | — | — | — | — | — | 16 | 0,176 | 48 | 0,536 | 16 | 0,056 | — | — | — | — |
| Trematoda | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2256 | 0,320 | — | — | — | — |
| Ostracoda | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1920 | 0,048 | — | — | — | — |
| Hydracarina | | — | — | — | — | — | — | — | — | 16 | 0,001 | 64 | 0,003 | — | — | — | — |
| Mollusca | | 3095 | 268,238 | — | — | — | — | 32 | 0,131 | 400 | 0,100 | 2304 | 4,470 | 1429 | 69,369 | — | — |
| Ephemeroptera | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 16 | 0,004 | — | — | — | — |
| Ceratopogonidae | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 64 | 0,067 |
| Chironomidae | | 952 | 1,476 | — | — | 238 | 0,060 | 656 | 0,676 | 8272 | 33,694 | 36912 | 28,803 | 238 | 9,536 | 30208 | 74,795 |
| Всего | | 4286 | 270,595 | 9048 | 10,833 | 714 | 0,488 | 19280 | 11,340 | 35136 | 47,550 | 71968 | 38,708 | 10476 | 164,884 | 111648 | 177,593 |

Примечание: N – численность экз./м²; B – биомасса г/м²; «—» - не обнаружено в пробе

За все время наблюдений выявлено 20 таксонов донных беспозвоночных (Введенская и др., 2013; Хивренко и др., 2025).

Ретроспективный анализ данных (с 2010 г. по 2024 г.) по средним для водоемов значениям численности и биомассы макрозообентоса показал следующее (рис. 2, 3).

Максимальные значения численности и биомассы за весь период исследований наблюдали в Большом озере в 2018 г. Основу этих показателей составляли олигохеты, численность достигала – 8526 тыс. экз./м², биомасса – 655,7 г/м² (рис. 2).

В Малом озере в 2019 г. максимальные значения по численности всё также принадлежали олигохетам – 69,9 тыс. экз./м², однако в 2024 г. основу максимальных значений по биомассе составляли дождевые черви – 65,17 г/м² (рис. 3).

Поскольку по нашим данным, как и по данным, ранее проведенных исследований, в бентосе оз. Култучное (Большое озеро и Малое озеро) доминировали олигохеты, для определения качества воды был применен индекс Гуднайта и Уитлея, а также модифицированный олигохетный индекс, предложенный Карр и Хилтонен (табл. 3). Оба индекса основаны на количественных показателях этой группы животных и указывают на высокую степень загрязнения обследованных водоемов и в 2024 г. Из общей картины выбивается 2011 г., когда доминировали брюхоногие моллюски (72 % биомассы), а доля олигохет в биомассе бентоса оказалась незначительной, что трактовалось как указание на то, что вода чистая (ГОСТ 17.1.3.07-82*). Несмотря на это численность олигохет составила 44 200 экз./м², что по шкале Карр-Хилтонен указывало на тяжелое загрязнение.

Таблица 3

Результаты расчетов биотических индексов в оз. Култучное

| Согласно 17.1.3.07-82* | Олигохетный индекс (Карр и Хилтонен*) | Результаты расчетов индексов | | |
|--------------------------------|---|------------------------------|--|--|
| Индекс Гутнайта и Уитлея | | Индекс Гутнайта и Уитлея | Олигохетный индекс (Карр и Хилтонен) | Степень загрязненности |
| 2010 | | | | |
| 51–65 | более 5000 | 58,1 | 19473 | Загрязненные / Тяжелое загрязнение |
| 2011 | | | | |
| 21-35 | более 5000 | 22,5 | 44231 | Чистые / Тяжелое загрязнение |
| 2018 | | | | |
| 86–100 | более 5000 | 91,3 | 5703645 | Очень грязные / Тяжелое загрязнение |
| 2019 | | | | |
| 86-100 | более 5000 | 92,9 | 206873 | Очень грязные / Тяжелое загрязнение |
| 2024 | | | | |
| 51–65 | более 5000 | 62,0 | 18343 | Загрязненные / Тяжелое загрязнение |

*100 – 999 экз./м² – слабое загрязнение;
1000 – 5000 экз./м² – среднее загрязнение;
более 5000 экз./м² – тяжелое загрязнение.

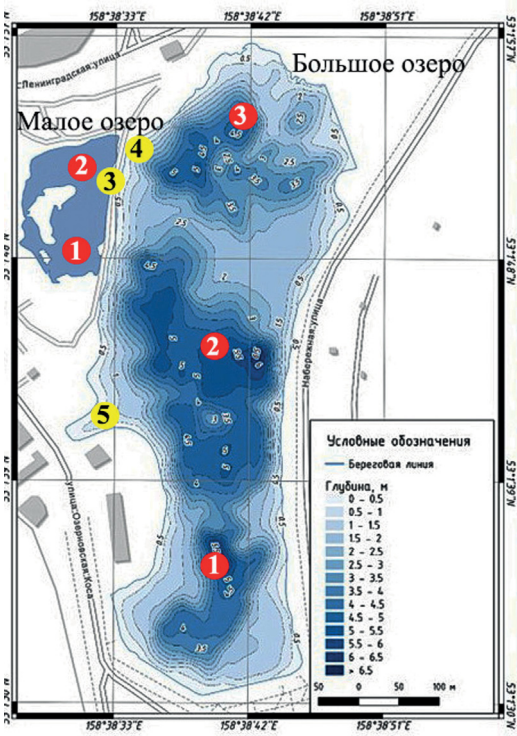


Рис. 1. Батиметрическая карта и морфометрические характеристики акваторий оз. Култучное (<https://sediment.ru/data/kultuchnoe2020.pdf>) и схема бентосных станций (красные – бенталь, желтые – литораль)

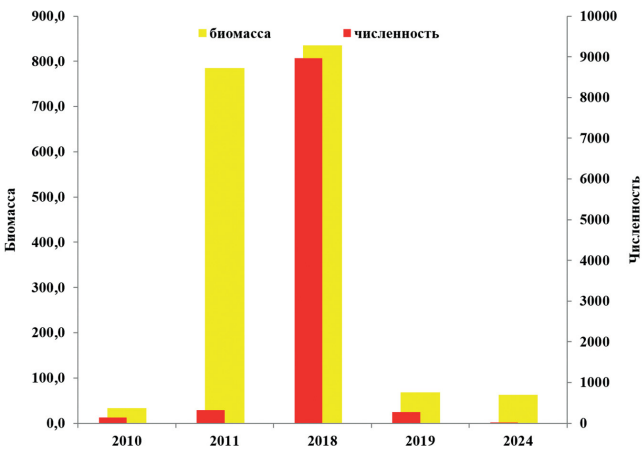


Рис. 2. Динамика средних значений численности (тыс. экз./м²) и биомассы (г/м²) зообентоса в Большом озере с 2010 по 2024 гг.

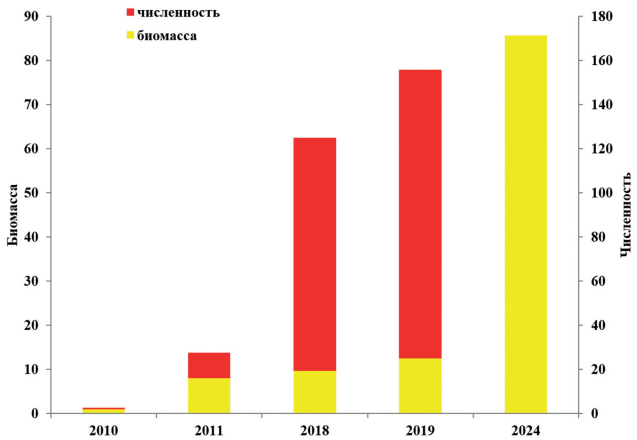


Рис. 3. Динамика средних значений численности (тыс. экз./м²) и биомассы (г/м²) зообентоса в Малом озере с 2010 по 2024 гг.

Заключение

В результате исследований в оз. Култучное в 2024 г. максимальная численность бентосных беспозвоночных (111,6 тыс. экз./м²) была отмечена в Малом озере, максимальные значения биомассы (270,5 г/м²) на станции 1 Большого озера. Минимальные значения численности и биомассы (0,7 тыс. экз./м² и 0,4 г/м², соответственно) были определены на станции 3 Большого озера.

Ведущая роль в формировании численности и биомассы бентоса в оз. Култучное принадлежит олигохетам, как по станциям двух озер, бентали, литорали, так и по годам, начиная с 2010 г.

Учитывая групповой состав зообентоса, а также численность и биомассу всех обнаруженных бентосных организмов, экологическая обстановка в оз. Култучное (Большого и Малого озера) соответствует сильному загрязнению, это касается не только литорали, но и бентали.

По результатам расчетов биотических индексов Гутнайта и Уитлея, а также олигохетного индекса (Карр и Хилтонен), качество воды оз. Култучное относится к грязным.

Литература

- Введенская Т.Л., Улатов А.В., Бонк Т.В. 2013. Экологическое состояние озера Култучного (Восточная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Доклады XII–XIII международных научных конференций. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 170 с.
- ГОСТ 17.1.3.07-82*. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков: утвержден 100 Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 марта 1982 г. № 1115 дата введения установлена 01.01.83 Приказом Минприроды России от 16 апреля 1992 г. № 60 снято ограничение срока действия.
- Голованева А.Е., Ступникова Н.А., Хурина О.В., Савушкина Л.Н. 2016. Экологическое состояние озер Петропавловск-Камчатской городской агломерации и меры по его улучшению. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 186 с.
- Дитмар К. 1901. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851–1855 гг. Часть первая. Исторический очерк по путевым дневникам. Санкт-Петербург: Типография императорской Академии наук. 754 с.
- Комаров В.Л. 1912. Путешествие по Камчатке в 1908–1909 гг. Камчатская экспедиция Федора Павловича Рябушинского, снаряженная при содействии Императорского Русского Географического общества. Ботанический отдел. Вып. 1. М. 456 с.
- Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям. 2015. Учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология». Казань: КФУ. 44 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1997. Т. 3: Паукообразные. Низшие насекомые. СПб.: Наука. 439 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1999. Т. 4. Высшие насекомые. Двукрылые. СПб.: Наука. 439 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 2001. Т. 5. Высшие насекомые. СПб.: Наука. 825 с.
- Тиунова Т.М. 2003. Методы сбора и первичной обработки количественных проб // Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: Методическое пособие. М.: Изд-во ВНИРО. С. 5–13.
- Хивренко Д.Ю., Эльчапаров В.Г., Зотова В.А. 2025. Макрозообентос бентали и литорали оз. Култучное (г. Петропавловск-Камчатский) // XI Всероссийская конференция «Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова». Тезисы докладов. Владивосток: Дальнаука. 74 с.