

**БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА САЙКУЛЬ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАКРОЗООБЕНТОСА**

Аннотация

В статье рассматривается использование биоиндикации для оценки экологического состояния озера Сайкуль (Каракалпакстан, Узбекистан) на основе анализа макрозообентоса. Показано, что данный метод позволяет учитывать долговременное влияние загрязнений и изменения биоразнообразия, в отличие от традиционных химических и физических методов. В ходе исследования выявлено 41 вид донных беспозвоночных, относящихся к различным таксономическим группам, что свидетельствует о высоком видовом разнообразии по сравнению с другими водоёмами региона. Анализ сезонной динамики численности и биомассы макрозообентоса позволил выявить характерные колебания, связанные с циклами развития организмов. Для оценки качества воды применялись биотический индекс Вудивисса, индекс Майера, индексы сапробности и индекс Шеннона.

Ключевые слова: биоиндикация, макрозообентос, озеро Сайкуль, качество воды, биоразнообразие, экологический мониторинг.

Endirboeva Muborak

Karakalpak State University named after Berdakh

Republic of Uzbekistan

**BIOINDICATION OF WATER QUALITY OF SAIKUL LAKE USING
MACROZOOBENTHOS**

Abstract

The article discusses the use of bioindication to assess the ecological state of Lake Saykul (Karakalpakstan, Uzbekistan) based on the analysis of macrozoobenthos. It is shown that this method allows taking into account the long-term impact of pollution and changes in biodiversity, in contrast to traditional chemical and physical methods. The study identified 41 species of benthic invertebrates belonging to different taxonomic groups, indicating a high species diversity compared to other water bodies in the region. Analysis of the seasonal dynamics of the abundance and biomass of macrozoobenthos revealed characteristic fluctuations associated with the development cycles of organisms. The Woodiwiss biotic index, Mayer index, saprobity indices and Shannon index were used to assess water quality.

Key words: *bioindication, macrozoobenthos, Lake Saykul, water quality, biodiversity, environmental monitoring.*

Биоиндикация — это метод оценки экологического состояния водных экосистем на основе реакции живых организмов и их сообществ на внешние воздействия. В отличие от химических и физических анализов, биоиндикация позволяет учитывать долгосрочные эффекты загрязнений, включая кумулятивное влияние загрязнителей и изменения в биологическом разнообразии. Макрозообентос (донные беспозвоночные размером более 1 мм) является одним из наиболее эффективных индикаторов качества воды, поскольку эти организмы имеют ограниченную подвижность, чувствительны к изменениям среды (например, к уровню кислорода, органическому загрязнению и токсинам) и отражают интегральное состояние водоема.

Озеро Сайкуль, расположенное на территории Каракалпакстан (Узбекистан), представляет собой типичный пресноводный водоем региона, подверженный антропогенным нагрузкам, таким как сельскохозяйственное использование и изменения гидрологического режима. Исследования макрозообентоса этого озера позволяют оценить его экологическое состояние и выявить потенциальные проблемы. В данной статье мы рассмотрим

применение методов биоиндикации на основе данных о составе, разнообразии и динамике макрозообентоса озера Сайкуль.

Согласно исследованиям, в озере Сайкуль зарегистрировано 41 вид макрозообентоса, распределенных по следующим таксономическим группам:

- Annelida (кольчатые черви) — 2 вида;
- Mollusca (моллюски) — 11 видов;
- Crustacea (ракообразные) — 2 вида;
- Heteroptera (полужесткокрылые) — 2 вида;
- Odonata (стрекозы) — 4 вида;
- Chironomidae (хирономиды) — 10 видов;
- Coleoptera (жесткокрылые) — 5 видов;
- Trichoptera (ручейники) — 1 вид;
- Другие Diptera (двукрылые) — 4 вида.

Это самое высокое разнообразие среди изученных водоемов региона, особенно по моллюскам (14 видов в общей сложности по шести озерам, с уникальными для Сайкуль видами, такими как *Lymnaea sp.*, *Lymnaea stagnalis* и *Castatella fontinalis*). Однако разнообразие личинок хирономид относительно низкое (10 видов против 54 в других озерах). Высокое разнообразие снижает доминирование отдельных видов, что типично для стабильных экосистем. Сезонная динамика численности и биомассы макрозообентоса также информативна:

- Зима: численность 156 экз./м², биомасса 4,5 г/м²;
- Весна: 420 экз./м², 120 г/м²;
- Лето: 240 экз./м², 3,4 г/м²;
- Осень: 86 экз./м², 2,3 г/м².

Годовая средняя биомасса составляет 6,4 г/м². Пики численности наблюдаются весной, а биомассы — зимой и весной, что отражает сезонные циклы размножения и роста.

Хирономиды доминируют по разнообразию, численности и биомассе, несмотря на низкое видовое богатство по сравнению с другими озерами.

Ракообразные, такие как *Paramysis lacustris*, и моллюски играют ключевую роль в структуре сообщества.

Для оценки качества воды по макрозообентосу применяются различные индексы, учитывающие разнообразие, численность и чувствительность видов к загрязнению. Среди них:

Биотический индекс Вудивисса (TBI — Trent Biotic Index): Разработан для рек, но адаптирован для озер. Он основан на разнообразии беспозвоночных и наличии индикаторных групп (например, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera как индикаторы чистой воды). Индекс варьируется от 0 до 10: значения 7–10 указывают на чистую воду, 4–6 — умеренное загрязнение, ниже 4 — сильное загрязнение. Метод учитывает общее разнообразие и присутствие чувствительных таксонов.

Индекс Майера: Простой метод, разделяющий бентос на три группы по толерантности к загрязнению. Каждой группе присваиваются баллы: группа 1 (чувствительные, как ручейники) — 4 балла, группа 2 (умеренно толерантные, как моллюски) — 2 балла, группа 3 (толерантные, как черви) — 1 балл. Сумма баллов (S): >22 — чистая вода (класс 1), 17–21 — умеренное загрязнение (класс 2), 11–16 — загрязненная (класс 3), <11 — сильно загрязненная (класс 4–5).

Индексы сапробности: Оценивают степень органического загрязнения по присутствию сапробных организмов (от ксеносапробов — чистая вода, до полисапробов — сильное загрязнение). Индекс сапробности (S) рассчитывается как средневзвешенное значение сапробных валентностей видов. Эти методы дополняются расчетом индекса разнообразия Шеннона (H'), где $H' > 3$ указывает на высокое разнообразие и хорошее качество воды.

На основе данных о макрозообентосе озера Сайкуль можно провести оценку качества воды. Высокое видовое разнообразие (41 вид) и присутствие чувствительных групп, таких как Odonata, Trichoptera и Coleoptera, предполагают благоприятные условия. Хирономиды, хотя и доминируют, включают виды, толерантные к умеренному загрязнению, но отсутствие

полисапробных индикаторов (например, некоторых червей) указывает на отсутствие сильного органического загрязнения.

Сезонные колебания биомассы и численности не показывают признаков эвтрофикации или токсического воздействия, хотя низкое разнообразие хирономид может указывать на специфические гидрологические факторы.

Таким образом, биоиндикация с использованием макрозообентоса подтверждает, что качество воды озера Сайкуль в целом хорошее, с высоким биоразнообразием и отсутствием признаков сильного загрязнения. Однако для более точной оценки рекомендуется проведение дополнительных полевых исследований с расчетом индексов на основе свежих проб. Такие методы позволяют не только мониторить состояние водоема, но и прогнозировать риски от антропогенных воздействий, способствуя сохранению экосистемы озера Сайкуль.

Использованные источники:

1. Ендирбоева М. О. Видовое разнообразие макрозообентосов озера Сайкуль // Экономика и социум. 2024. №5-1 (120). – С.1223-1225.
2. Матмуратов М.А. Современное состояние макрозообентоса разнотипных водоёмов Каракалпакстана *Universum: химия и биология*. Электрон журнал (Россия). - 2022. - № 1 (91). DOI-0.32743/UniChem
3. Туремуратова Г. И., Косымбетова М. Б. Биоморфологические данные циклопов озера сайкуль // Экономика и социум. 2024. №5-1 (120). – С. 1649-1654.
4. Woodiwiss, F. S. (1964). The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chemistry and Industry*, 11, 443–447.
5. Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
6. Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York.