ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Статья поступила в редакцию: 23.09.2026
Статья принята к публикации: 28.09.2026
Статья опубликована: 07.10.2026

УДК 574.543

DOI: 10.32743/UniChem.2026.148.10.23387

Гидроэкологическое исследование оз. Тузкан и Арнасайского водохранилища: по гидробиологическим показателям (по зообентосу)

Курбанов Абдулла Рухуллаевич
(DSc), д-р с.-х. наук ст. науч. сотр. Научно-исследовательский институт рыбоводства
Республика Узбекистан, Ташкентская область, Янгиюльский район, Кукаламзор
E-mail: abdullkurbanov985@gmail.com

Титова Наталья Олеговна
(PhD), д-р филос. наук
по биологии, мл. науч. сотр. Научно-исследовательский институт рыбоводства
Республика Узбекистан, Ташкентская область, Янгиюльский район, Кукаламзор
E-mail: satirna.kobriss@gmail.com

Hydroecological study of Tuzkan lake and the Arnasay reservoir based on hydrobiological indicators (zoobenthos)

Kurbanov Abdulla Rukhullaevich
doctor of Agricultural Sciences (DSc)
Senior Researcher Fishery Scientific-Research Institute
Republic of Uzbekistan, Tashkent Region
Yangiyul District, Kukalamzor

Titova Natalya Olegovna
doctor of Philosophy (PhD)
in Biological Sciences, Junior Researcher Fishery Scientific-Research Institute
Republic of Uzbekistan, Tashkent Region
Yangiyul District, Kukalamzor

Аннотация

Статья посвящена оценке структуры, таксономического состава и особенностей развития зообентоса озера Тузкан и Арнасайского водохранилища, входящих в Айдар-Арнасайскую систему озёр. Цель исследования заключалась в оценке современного состояния донного сообщества и выявлении основных таксономических групп, определяющих его численность и продуктивность. Исследования проводились на основе

Библиографическое описание: Курбанов А.Р., Титова Н.О. Гидроэкологическое исследование оз. Тузкан и Арнасайского водохранилища: по гидробиологическим показателям (по зообентосу) // Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2026. 10(148). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/23387

полевых наблюдений и гидробиологического анализа проб зообентоса. В ходе работы оценивались качественные характеристики донных отложений, таксономический состав и плотность отдельных групп бентосных организмов. Установлено, что структура зообентоса исследованных водоёмов формируется под существенным воздействием антропогенной нагрузки, что проявляется в изменении физико-химических характеристик водной среды и накоплении органического вещества в донных отложениях. Наибольший вклад в общую численность и продуктивность зообентоса вносят представители отрядов Diptera и группы Crustacea, включая личинок хирономид и пресноводных ракообразных. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования структуры и количественных характеристик зообентоса в качестве индикаторов экологического состояния водоёмов. Мониторинг динамики численности и состава ключевых таксономических групп может быть использован для оценки направленности экологических изменений и разработки мероприятий по сохранению и восстановлению водных экосистем.

Abstract

The article is devoted to assessing the structure, taxonomic composition, and developmental characteristics of zoobenthos in Tuzkan Lake and the Arnasay Reservoir, which are part of the Aydar–Arnasay Lake System. The aim of the study was to assess the current condition of the benthic community and identify the main taxonomic groups determining its abundance and productivity. The study was based on field observations and hydrobiological analysis of zoobenthos samples. The qualitative characteristics of bottom sediments, taxonomic composition, and abundance of individual groups of benthic organisms were assessed. The results showed that the structure of zoobenthos in the studied water bodies is substantially influenced by anthropogenic pressure, which is manifested in changes in the physicochemical characteristics of the aquatic environment and the accumulation of organic matter in bottom sediments. The greatest contribution to the total abundance and productivity of zoobenthos was made by representatives of the order Diptera and the group Crustacea, including chironomid larvae and freshwater crustaceans. The findings indicate that the structure and quantitative characteristics of zoobenthos can be used as indicators of the ecological condition of aquatic ecosystems. Monitoring changes in the abundance and composition of key taxonomic groups may be useful for assessing the direction of ecological changes and developing measures for the conservation and restoration of aquatic ecosystems.

Ключевые слова: зообентос, макрозообентос, гидробиологический мониторинг, Айдар-Арнасайская система озёр, озеро Тузкан, Арнасайское водохранилище, экологическое состояние.

Keywords: zoobenthos, macrozoobenthos, hydrobiological monitoring, Aydar–Arnasay Lake System, Tuzkan Lake, Arnasay Reservoir, ecological condition.

Благодарности и финансирование

Исследование выполнено в рамках государственной бюджетной научно-исследовательской темы Научно-исследовательского института рыбоводства при Комитете ветеринарии и развития животноводства Республики Узбекистан.

Acknowledgements and Funding

This research was carried out within the framework of a state-funded research project of the Fisheries Research Institute under the Veterinary and Livestock Development Committee of the Republic of Uzbekistan.

Введение

Преобладающей группой бентосных сообществ в донных отложениях ААСО за последнее десятилетие была представлена илоядными формами малощетинковых червей сем. Tubificidae и личинок хирономид п/сем. Chironominae (до 60). [11,13,2]

Другой автор отмечает, что комплекс бентофауны ААСО, в целом, не отличается особым разнообразием и представлен преимущественно широко распространенными пресноводно-солоноватыми видами личинок поденок Cloeon dipterun (L.), Caenis macrura Steph., Baetis bioculatus (L), личинками двукрылых Ceratopogonidae gen.sp., креветки Macrobrachium nipponense asper Stimpson., жуки родов Haliplus, Gyrinus, Coelambus, личинки стрекоз, клопы. С меньшей ритмичностью развиваются круглые черви, нематоды, олигохеты, ракообразные, мизиды, личинки гелеид и др.

В бентосном сообществе в отложениях преобладают лимоядные формы р-сапробных видов олигохет семейства Tubificidae и хирономид личинок подсемейства Chironomidae (до 60 %). В заслое высших водных растений фитофильная фауна наиболее распространена с b-a-сапробными видами олигохет, отнесенных к подсемейству Naidinae, a-сапробными видами личинок стрекоз семейства Coenagrionidae и хирономидами рода Tanytarsus и мизиды, креветками и подёнки рода Baetis, Caenis. Количественные показатели развития макрозообентоса ААСО летом 2015 г. колебались в Восточном Арнасае от 41,5 до 725 мг/л, а в озере Тузкан – от 500 до 6416 мг/л. По биомассе также доминировала креветка M.nipponense (Asper Stimpson).

Материалы и методы

Исследования зообентоса проводились в озере Тузкан и Арнасайском водохранилище, входящих в Айдар-Арнасайскую систему озёр, в конце мая 2024 года. Объектом исследования являлось сообщество донных водных беспозвоночных, включающее представителей червей, моллюсков, ракообразных и водных насекомых.

Видовой состав и количественные характеристики зообентоса использовали для оценки современного экологического состояния исследованных водоёмов.

Отбор проб зообентоса осуществляли с учётом характера донного грунта и глубины водоёма. В прибрежной зоне и на малых глубинах применяли скребки, позволяющие проводить качественный сбор организмов с различных типов грунта, включая песчаные, мягкие и твёрдые субстраты. На больших глубинах для отбора донных проб использовали дночерпатели. Такой подход позволял учитывать особенности распределения бентосных организмов в различных участках исследованных водоёмов [7, 6].

Камеральная обработка проб включала их частичную разборку, промывку и сортировку организмов по основным таксономическим группам. Идентификацию организмов проводили с использованием специализированных определителей пресноводных беспозвоночных [8].

При анализе учитывали таксономический состав, численность и биомассу отдельных групп зообентоса. Количественные показатели пересчитывали на единицу площади дна (экз./м²) с применением соответствующего коэффициента пересчёта, зависящего от площади захвата используемого орудия отбора проб [7, 6].

Для характеристики структуры бентосного сообщества использовали показатели относительного обилия организмов. На основании полученных значений выделяли доминирующие и субдоминирующие таксоны. Согласно принятой шкале относительного обилия, к доминирующим относили таксоны, имеющие 5–9 баллов, а к субдоминирующим — таксоны с показателем 3 балла [6].

Оценку качества воды по гидробиологическим показателям проводили с использованием сапробиологического подхода и модифицированного биотического индекса Вудивиса [1].

Индекс сапробности рассчитывали с учётом индикаторной значимости и относительного количества организмов каждого таксона:

$S = \Sigma(s \times h) / \Sigma h$,

где S — индекс сапробности водоёма; s — индикаторная значимость таксона; h — относительное количество особей соответствующего таксона.

Индикаторную значимость организмов определяли в соответствии с их принадлежностью к сапробным группам: для олигосапробных организмов значение s = 1, для β-мезосапробных — s = 2, для α-мезосапробных — s = 3, для полисапробных — s = 4.

Полученные значения индекса использовали для определения степени сапробности и экологической характеристики водоёмов. Видовой состав и количественное развитие организмов бентали рассматривали как показатели состояния донных отложений и придонного слоя воды, тогда как организмы фитали использовали преимущественно для характеристики качества водной массы [3, 4, 7, 8].

Результаты и обсуждения

Зообентос оз. Тузкан и Арнасайского водохранилища характеризуется наличием комплекса пресноводных и солоноватых видов. Донная фауна представлена преимущественно олигохетами семейства Tubificidae и личинками хирономид подсемейства Chironominae, а также фитофильной фауной — креветками, личинками ортокладииновых хирономид, жуками и мокрецами.

По результатам исследований конца мая 2024 года, зообентос оз. Тузкан представлен семью видами из пяти таксономических групп, основу которого составляют олигохета Nais pseudoptusa и личинки хирономид (Chironomus halophilus, Tanytarsus gr. lobatifrons, Cricotopus tremulus) и некоторые виды жуков и креветок.

Арнасайское водохранилище представлено шестнадцатью видами из семи таксономических групп, среди которых преобладают представители семейств поденок, стрекоз, нематод, моллюсков и разнообразные хирономиды, такие как Chironomus halophilus, Tanytarsus gr. lobatifrons, Cricotopus bicinctus.

Максимальные показатели численности зафиксированы на озере Тузкан (точка №1) — 680 экз./м² и в Арнасае (точка №6) — 2040 экз./м², обусловленные высокой численностью личинок хирономид.

Показатели качества воды обоих водоёмов указывают на уровень α-мезасапробности (S=3,0–3,5), соответствующий IV классу чистоты — загрязнённые и минерализованные воды.

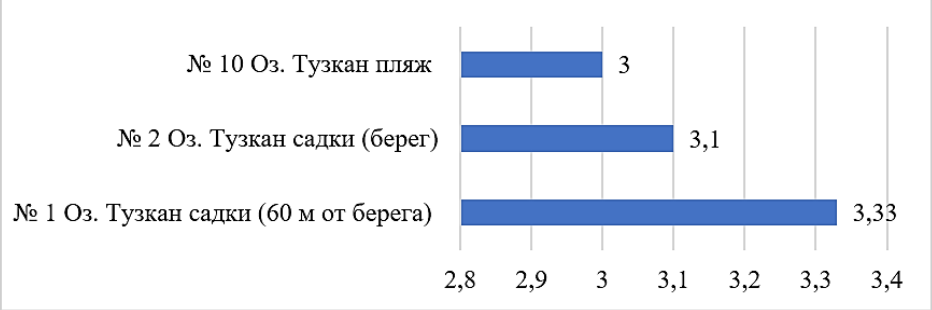


Рисунок 1. Уровень сапробности на точках проб на оз. Тузкан

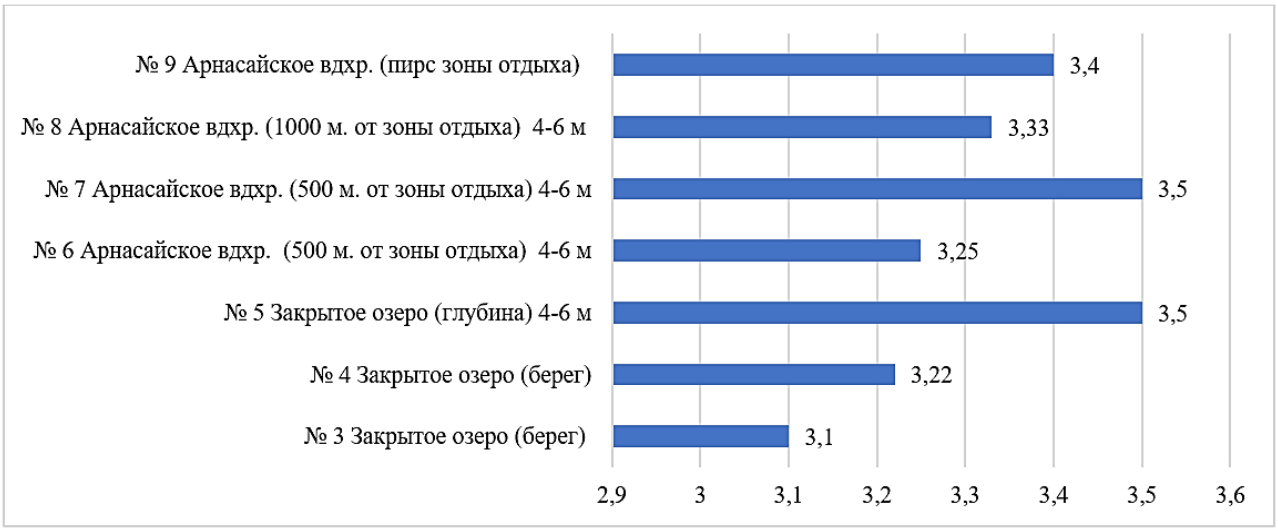


Рисунок 2. Уровень сапробности на точках отбора проб на Арнасайском водохранилище

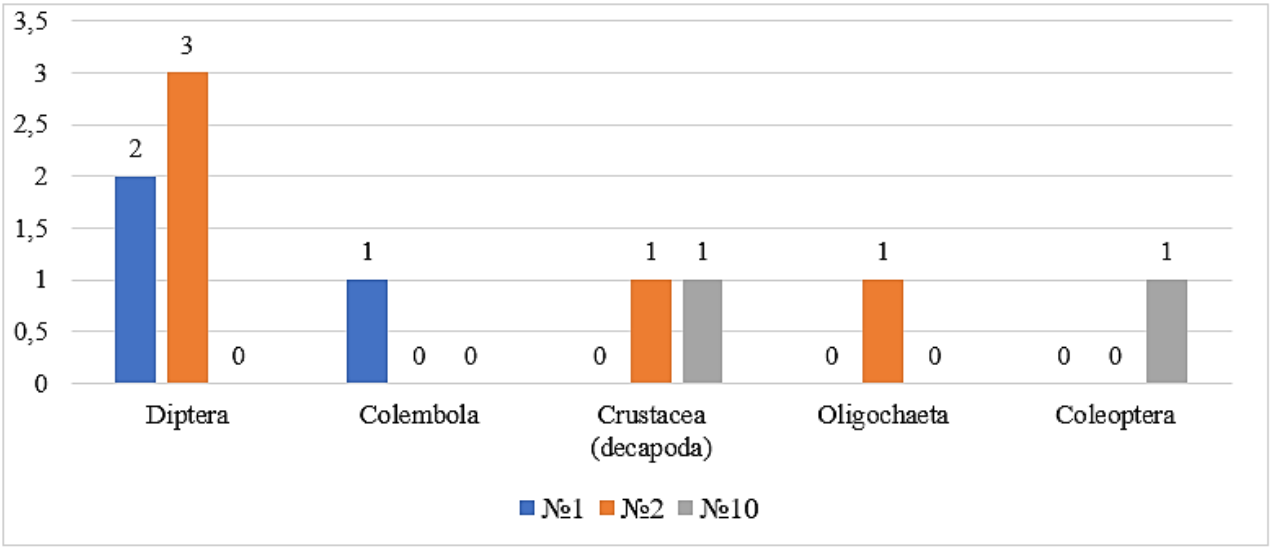


Рисунок 3. Таксономическая характеристика видов зообентоса оз. Тузкан

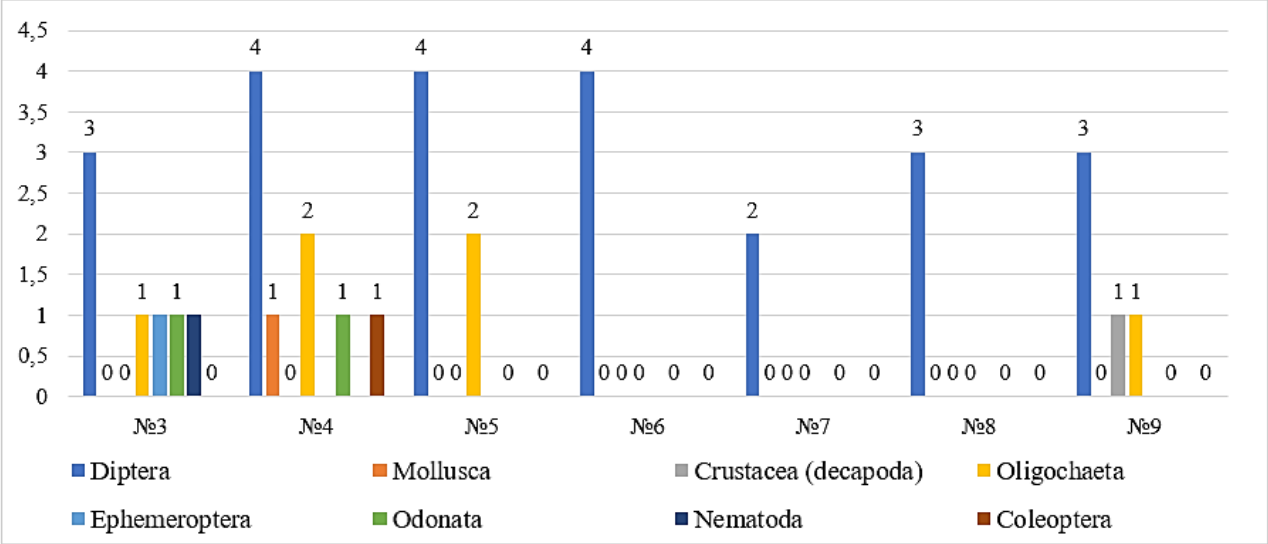


Рисунок 4. Таксономическая характеристика видов зообентоса Арнасайского водохранилища

В пробе, отобранной с точки № 1 было обнаружено 3 вида организмов зообентоса из 2 таксономических групп: двукрылые – 2 видов; ногохвостки – 1 вид. Показатели численности в мае 2024 года составили 680 экз/м^2, а биомассы 0,4753 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 2 было обнаружено 5 видов организмов зообентоса из 3 таксономических групп: двукрылые – 3 вида; ракообразные – 1 вид; малощетинковые черви – 1 вид. Показатели численности в мае 2024 года составили 164 экз/м^2, а биомассы 138,989 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 10 было обнаружено 2 вида организмов зообентоса из 2 таксономических групп: жуки – 1 вид; ракообразные – 1 вид. Показатели численности в мае 2024 года составили 88 экз/м^2, а биомассы 57,0749 г/м^2.

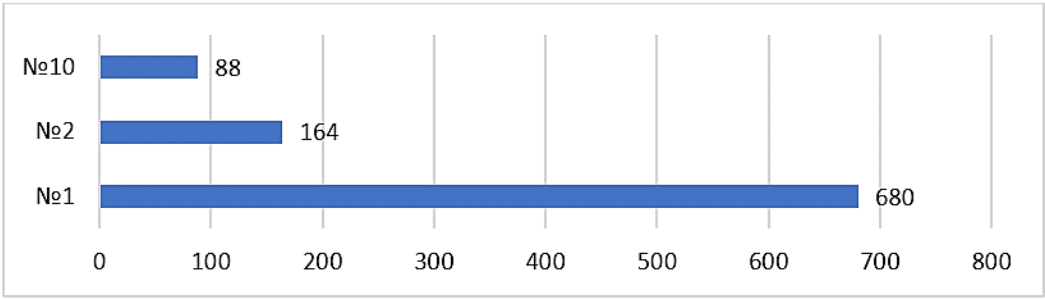


Рисунок 5. Численность организмов зообентоса оз. Тузкан

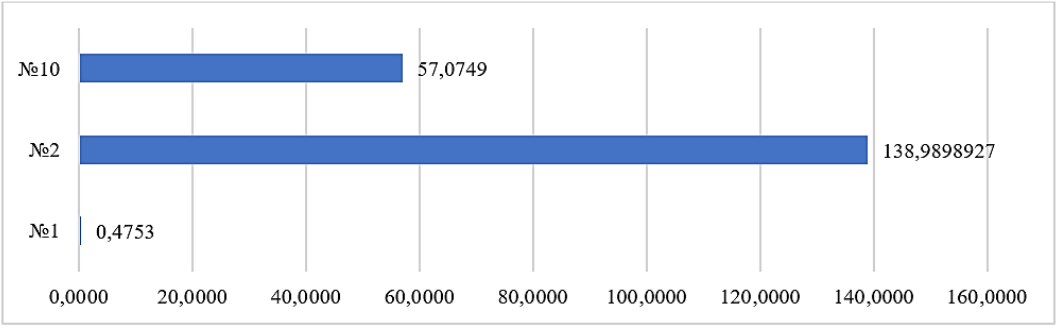


Рисунок 6. Биомасса организмов зообентоса оз. Тузкан

В пробе, отобранной с точки № 3 было обнаружено 7 видов организмов зообентоса из 5 таксономических групп: поденки – 1 вид; стрекозы – 1 вид; двукрылые – 3 вида; малощетинковые черви – 1 вид; нематоды – вид. Показатели численности в мае 2024 года составили 177 экз/м^2, а биомассы 0,5524 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 4 было обнаружено 9 видов организмов зообентоса из 5 таксономических групп: стрекозы – 1 вид; двукрылые – 4 вида; моллюски – 1 вид; водные жуки – 1 вид; малощетинковые черви – 2 вида. Показатели численности в мае 2024 года составили 178 экз/м^2, а биомассы 0,0886 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 5 было обнаружено 6 видов организмов зообентоса из 2 таксономических групп: двукрылые – 4 вида; малощетинковые черви – 2 вида. Показатели численности в мае 2024 года составили 1680 экз/м^2, а биомассы 1,9909 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 6 было обнаружено 4 вида организмов зообентоса из 1 таксономической группы: двукрылые – 4 вида. Показатели численности в мае 2024 года составили 2040 экз/м^2, а биомассы 1,8409 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 7 было обнаружено 2 вида организмов зообентоса из 1 таксономической группы: двукрылые – 2 вида. Показатели численности в мае 2024 года составили 120 экз/м^2, а биомассы 0,1197 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 8 было обнаружено 3 вида организмов зообентоса из 1 таксономической группы: двукрылые – 3 вида. Показатели численности в мае 2024 года составили 240 экз/м^2, а биомассы 0,1718 г/м^2.

В пробе, отобранной с точки № 9 было обнаружено 5 видов организмов зообентоса из 3 таксономических групп: двукрылые – 3 вида, ракообразные – 1 вид; малощетинковые черви – 1 вид. Показатели численности в мае 2024 года составили 276 экз/м^2, а биомассы 137,7181 г/м^2.

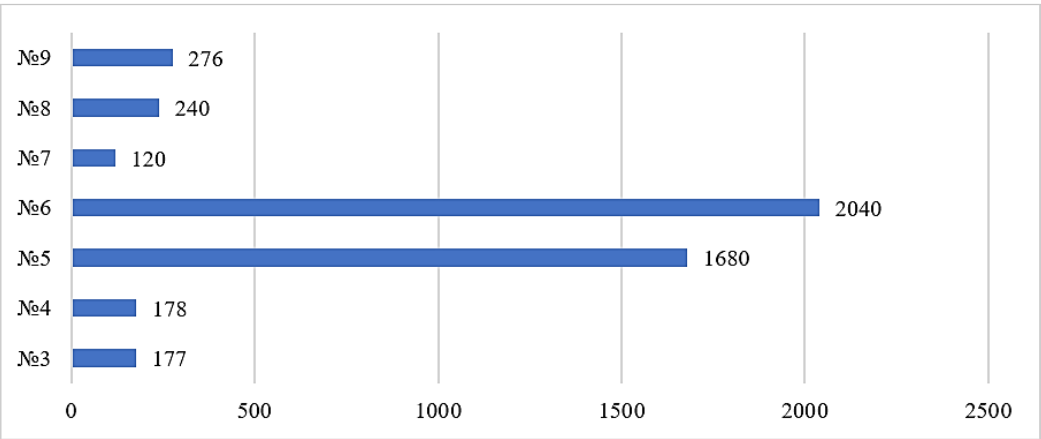


Рисунок 7. Численность организмов зообентоса Арнасайского водохранилища

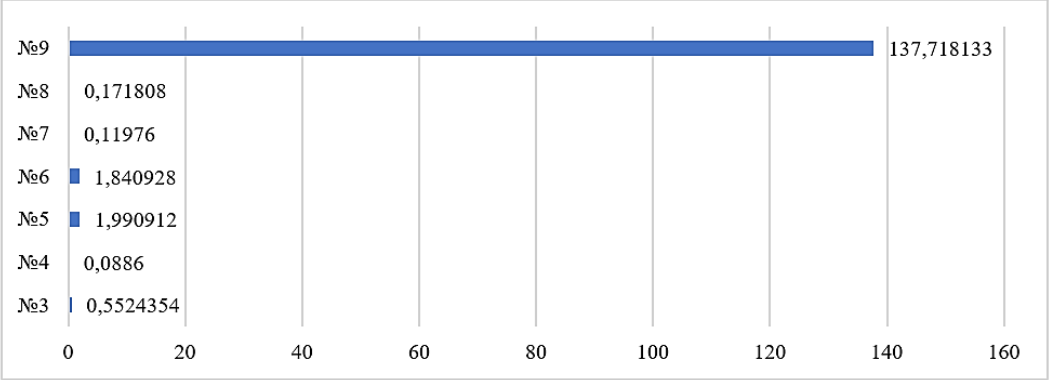


Рисунок 8. Биомасса организмов зообентоса Арнасайского водохранилища

Заключение

Зообентос оз. Тузкан (садки и пляж) представлен 7 видами из 5 таксономических групп. Основные таксономические группы: олигохеты вида Nais pseudoptusa, хирономиды видов Chironomus halophilus, Tanytarsus gr. lobatifrons, Cricotopus tremulus, жуки вида Bidesus japonicus, ногохвостки Isotoma viridis, креветки вида Macrobrachium nepponensa.

Максимальная численность организмов зообентоса отмечена на точке №1 — 680 экз./м^2.

Зообентос Арнасайского водохранилища (близ зоны отдыха и закрытое озеро) представлен 16 видами из 7 таксономических групп.

Доминируют подёнки рода Ephemerella, стрекозы Gomphus flavipes, Ishnura elegans, олигохеты Nais pseudoptusa, Limnodrilus hoffmeisteri, хирономиды Chironomus halophilus, Tanytarsus gr. lobatifrons, мокрецы рода Palpomyia, креветки Macrobrachium nepponensa, жуки Bidesus japonicus, моллюски рода Physa, также встречаются и нематоды.

Наибольшая численность организмов зообентоса обнаружена на точке №6 — 2040 экз./м^2.

Анализ горизонтального распределения основных групп зообентоса показал доминирование почти на всех станциях Арнасайского водохранилища по вкладу в общие количественные показатели донной фауны представителей отрядов Diptera и Crustacea.

На всех станциях отбора проб по оз. Тузкан (около садков и пляж), а также Арнасайского водохранилища (близ зоны отдыха и закрытое озеро) соответствуют α-мезасапробной зоне, т.е. показатели сапробности (S) находятся в диапазоне между 3,00 до 3,50. Что, в свою очередь, означает что качество воды соответствует IV классу – загрязненные и минерализованные воды.

Список литературы

1. Вудивис Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – С. 132–161.
2. Гинатуллина Е.Н., Титова Н.О. Современное состояние рыбного промысла и сообщества гидробионтов в Айдаро-Арнасайской системе озер (Узбекистан) // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2023. – Т. 70, № 4. – С. 134–140.

3. Жадин, В.И. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора / В.И. Жадин, С.В. Герд. – Москва: Учпедгиз, 1961. – 599 с.
4. Жизнь пресных вод СССР. Т. 1. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 460 с.
5. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.
6. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов региона Центральной Азии: рекомендации / под ред. В.Н. Тальских. РУз 52.25.32–97. – Ташкент. – Ташкент. – 1997. – 67 с.
7. Мустафаева З.А., Мирзаев У.Т., Камилов Б.Г. Методы гидробиологического мониторинга водных объектов Узбекистана: методическое пособие. – Ташкент: Навруз, 2017. – 112 с.
8. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С.Я. Цалолихина. Низшие беспозвоночные. – СПб., 1994. – Т. 1.
9. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. 4.3. Приложение 1: Индикаторы сапробности. Приложение 2: Атлас сапробных организмов. – 227 С. 185 с. – М.: СЭВ, 1977. – 91 с.
10. Федоров В.Д., Капков В.И. Практическая гидробиология пресноводных экосистем. – М.: МГУ, 2006. – 365 с.
11. Kurbanov A., Titova N., Mustaphaeva Z., Atabaeva N. The role of macrozoobenthos and periphyton in bioindication of water resources quality in Uzbekistan // E3S Web of Conferences. – 2021. – Т. 265.
12. Kurbanov A.R., Kim S.I., Titova N.O. Developmental level of the benthofauna in the fishery as an indicator of the ecological condition of the water bodies // European Journal of Agricultural and Rural Education. – 2021. – Т. 2, № 7. – P. 4–11.
13. Mustafaeva Z.A., Namozov S.M., Titova N.O., Sobirov J.J. The current state of hydrobionts of the Aydar-Arnasay systems of lakes // Journal of Pharmaceutical Negative Results. – 2022. – Т. 13. – P. 3377–3387.

References

1. Vudivis F. Bioticheskiy indeks r. Trent. Makrobezpozvonochnye i biologicheskoe obsledovanie // Nauchnye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam. – 1977.
2. Ginatullina E.N., Titova N.O. Sovremennoe sostoyanie rybnogo promysla i soobshchestva gidrobiontov v Aydaro-Arnasayskoy sisteme ozer (Uzbekistan) // Nauchnye trudy Dalrybvtuza. – 2023. – Vol. 70, No. 4.
3. Zhadin V.I., Gerd S.V. Reki, ozera i vodokhranilishcha SSSR, ikh fauna i flora. – M.: Uchpedgiz, 1961.
4. Zhizn presnykh vod SSSR. T. 1. – M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1940. – 460 s.
5. Kitaev S.P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov. 395 s. – Petrozavodsk: Karelskiy nauchnyy tsentr RAN, 2007.

6. Metody gidrobiologicheskogo monitoringa vodnykh obektov regiona Tsentralnoy Azii: rekomendatsii. V.N. Talskikh. RUz 52.25.32–97. – Tashkent, 1997. – 67 s. – Tashkent, 1997. – 67 P.P.
7. Mustafaeva Z.A., Mirzaev U.T., Kamilov B.G. Metody gidrobiologicheskogo monitoringa vodnykh obektov Uzbekistana: metodicheskoe posobie. 112 s. – Tashkent: Navruz, 2017.
8. Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territoriy. S.Ya. Tsalolikhina. Nizshie bespozvonochnye. – SPb., 1994. – T. 1.
9. Unifitsirovannye metody issledovaniya kachestva vod. Metody biologicheskogo analiza vod. 4.3. – 185 s. Prilozhenie 1: Indikatory saprobnosti. – 91 s. Prilozhenie 2: Atlas saprobnykh organizmov. – 227 s. Appendix 1: 91 P. Appendix 2: 227 P.P. – M.: SEV, 1977. – 185 P.
10. Fedorov V.D., Kapkov V.I. Prakticheskaya gidrobiologiya presnovodnykh ekosistem. 365 s. – M.: MGU, 2006.
11. Kurbanov A., Titova N., Mustaphaeva Z., Atabaeva N. The role of macrozoobenthos and periphyton in bioindication of water resources quality in Uzbekistan // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 265.
12. Kurbanov A.R., Kim S.I., Titova N.O. Developmental level of the benthofauna in the fishery as an indicator of the ecological condition of the water bodies // European Journal of Agricultural and Rural Education. – 2021. – Vol. 2, No. 7. – P. 4–11.
13. Mustafaeva Z.A., Namozov S.M., Titova N.O., Sobirov J.J. The current state of hydrobionts of the Aydar-Arnasay systems of lakes // Journal of Pharmaceutical Negative Results. – 2022. – Vol. 13. – P. 3377–3387.