




## Применение биологического мониторинга на примере локального участка реки Туры (город Тюмень) для решения водохозяйственных задач

Т.Е. Павлюк  , И.Н. Захарова, А.А. Чураков, В.Ф. Мухутдинов

 t.pavluk@mail.ru

ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Уральский филиал, г. Екатеринбург, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Бассейн р. Туры на 90 % расположен в Свердловской области, где в основном и формируется качество ее воды. Остальная часть приходится на Тюменскую область, на территории которой р. Тура приобретает большое хозяйственное значение как особый тип природного ландшафта, зона рекреации и транспортный судоходный путь. Потенциальными источниками загрязнения воды Туры на территории г. Тюмени являются ливневой сток, выпуски промышленных и коммунальных предприятий, а также бытовые стоки неканализованных селитебных территорий. Контроль за формированием качества воды от стоков разного генезиса является основой для проведения эффективной природоохранной политики в регионе. **Методы.** Материал по составу и структуре макрообентоса на двух створах р. Туры отбирали летом 2022 г. ежемесячно посредством экспонирования искусственных субстратов. При камеральной обработке проб использовали стандартные методы гидробиологического анализа. Для оценки экологического качества воды применяли ряд биотических индексов. Средние величины и стандартное отклонение использовали в качестве статистических величин оценки достоверности результатов. **Результаты.** Описано состояние сообществ макрообентоса двух створов р. Туры – фонового и контрольного, между которыми осуществляется выпуск очищенных сточных вод аквапарка «Лето-Лето». Дана оценка экологического состояния локального участка реки, рассчитанная по нескольким биотическим индексам. Показано отсутствие негативного воздействия водовыпуска на гидробиоценоз реки.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биологический мониторинг, макрообентос, биоиндикация, трофическая структура, загрязнение воды, р. Тура.

**Для цитирования:** Павлюк Т.Е., Захарова И.Н., Чураков А.А., Мухутдинов В.Ф. Применение биологического мониторинга на примере локального участка реки Туры (город Тюмень) для решения водохозяйственных задач // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 2. С. 118-130. DOI: 10.35567/19994508\_2023\_2\_8.

Дата поступления 02.03.2023.

### APPLICATION OF BIOLOGICAL MONITORING ON THE EXAMPLE OF THE TURA RIVER LOCAL STRETCH (TYUMEN) FOR SOLUTION OF WATER/ECONOMIC TASKS

Timur. Y. Pavluk  , Irina N. Zakharova, Andrey A. Churakov, Valery F. Mukhutdinov

 t.pavluk@mail.ru

Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Ural Branch, Ekaterinburg, Russia

© Павлюк Т.Е., Захарова И.Н., Чураков А.А., Мухутдинов В.Ф., 2023

**ABSTRACT:**

**Relevance.** The Tura river basin is 90% located in Sverdlovsk Oblast where its water quality is mainly formed. The rest of the basin locates in Tyumen Oblast where the Tura River becomes more economically significant as a special type of the natural landscape, a recreation zone, and a navigation rout. Storm-water overflow, industrial and municipal, as well as domestic un-centralized discharges are potential sources of the Tura River pollution on the territory of the city of Tyumen. Control over water quality formation due to various origin discharges is fundamental for effective nature-protection policy in this region. **Methods.** We gathered the material concerning the macrozoobenthos composition and structure at two locations of the Tura River monthly in summer of 2022 by exposing artificial substrates. In the we used the standard methods of hydrobiological analysis. Number of biotic indices were used for assessment of water ecological quality. We used average values and standard deviation as the statistic values for assessment of the results' reliability. **Results.** The article gives the description of the macrozoobenthos status of two locations of the Tura River, that are the background and the control locations, in between of them treated waste water of the "Summer-Summer" park was discharged. We have assessed ecological status of a local river stretch calculated in accordance of several biological indices. The results demonstrated the absence of the water discharge negative impact on the river biocoenosis.

**Keywords:** biological monitoring, macrozoobenthos, bioindication, trophic structure, water pollution, the Tura River.

**For citation:** Pavluk T.Y., Zakharova I.N., Churakov A.A., Mukhutdinov V.F. Application of biological monitoring on the example of the Tura River local stretch (Tyumen) for solution of water/economic tasks. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2023. No. 2. P. 118-130. DOI: 10.35567/19994508\_2023\_2\_8.

Received 02.03.2023.

**ВВЕДЕНИЕ**

Река Тура протекает по двум уральским регионам – Свердловской и Тюменской областям. Площадь ее водосборного бассейна составляет 80 400 км<sup>2</sup>, верхняя часть которого находится в Свердловской области (порядка 90 %)<sup>1</sup>. Остальная часть бассейна приходится на Тюменскую область, на территории которой река приобретает большое хозяйственное значение как особый тип природного ландшафта – зона рекреации и транспортный судоходный путь в ограниченный период времени весенне-летнего половодья. Река Тура – центральная водная артерия Тюмени, соответственно, потенциальными источниками загрязнения воды являются ливневой сток, выпуски промышленных и коммунальных предприятий, а также бытовые стоки неканализованных сельских территорий. Контроль за формированием сточных вод различного генезиса и их влияния на качество воды необходим для проведения эффективной природоохранной политики в регионе.

Представленное исследование затрагивает частный вопрос локального выпуска в р. Туру сточных вод коммунального предприятия г. Тюмени аквапарка «Лето-Лето». Деятельность аквапарка приводит к накоплению очищенных сточных вод, поступающих по водоводу в русло, где они изливаются через погружной придонный водовыпуск. Такое техническое решение организации водовыпуска не позволяет контролирующим органам брать пробы воды

<sup>1</sup> Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Вып. 2. Тобол. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 240 с.

на анализ их соответствия требуемым параметрам. Вследствие чего была поставлена задача по определению воздействия водовыпуска на водные биоресурсы и экосистему р. Туры.

Состояние биоресурсов выше и ниже водовыпуска аквапарка оценивалось по исследованию такого важного компонента гидробиоценоза, как макрозообентос, – сообщества таксономически беспозвоночных организмов, обитающих в донных субстратах. Будучи кормовой базой для ихтиоценоза, а также имея в своей структуре как чувствительные, так и толерантные к загрязнению воды организмы, макрозообентос часто используется в исследованиях с целью биоиндикации степени антропогенного воздействия на водные объекты. Таким образом, целью данной работы являлась оценка динамики экологического качества воды р. Туры на фоновом и контрольном створах для установления факта негативного воздействия сточных вод аквапарка «Лето-Лето».

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Макрозообентос р. Туры в г. Тюмени изучали по пробам, отобраным в течение трех месяцев в летне-осенний период: июль, август, сентябрь 2022 г. Это сезон летней межени, когда сообщество макрозообентоса имеет наибольшее видовое разнообразие. Мониторинг проводили на двух створах р. Туры: фоновый створ 500 м выше выпуска аквапарка «Лето-Лето» и контрольный створ 500 м ниже выпуска (рис. 1).

Для выявления максимального видового разнообразия беспозвоночных отбор макрозообентоса осуществляли путем формирования сообщества на голландском искусственном субстрате [1]. Этот метод отбора поддается стандартизации и его результаты не зависят от квалификации или опыта выполняющего отбор проб персонала [2]. Голландский искусственный субстрат представляет собой корзину из нержавеющей стали кубической формы с плоскостями из сетки с размером ячеей 11 мм (рис. 2). Корзина заполнена стеклянными шариками диаметром 20 мм, имеет съемную крышку, а размер ячеей сетки донной плоскости равен 2 мм для снижения потерь зообентоса при изъятии корзины после экспозиции. Потенциальная площадь для заселения искусственных субстратов, рассчитанная математически, составляет около 1 м<sup>2</sup>, а фактический эквивалент или физически реализованная площадь заселения макрозообентосом равна 0,3 м<sup>2</sup>.

Всего за летний сезон 2022 г. с помощью голландского искусственного субстрата было проведено три отбора проб. Общее количество проб – 17. На каждом исследуемом участке устанавливали по три корзины, в каждом случае экспозиция искусственного субстрата в воде составляла 30±2 дня, чего вполне достаточно для формирования разнообразного коренного сообщества макрозообентоса.

При извлечении искусственного субстрата после экспозиции содержимое корзины высыпали в таз и промывали путем последовательного переноса стеклянных шариков в ведро с водой. Промытые шарики возвращали в корзину, после чего повторно устанавливали ее на дно в конкретном створе реки на глубине 1–2 м. Смыв с организмами макрозообентоса промывали на сите с ячеей



**Рис. 1.** Картограмма участка р. Туры (г. Тюмень), где проводились исследования структуры макрозообентоса в июле–сентябре 2022 г.: Ф-ИС – фоновый створ отбора макрозообентоса; К-ИС – контрольный створ отбора макрозообентоса с помощью искусственных субстратов.

Fig. 1. A schematic map of a stretch of the Tura River (the city of Tyumen) where we studied the macro/zoo/benthos structure in July–September, 2022: Ф-ИС is the background sampling point; К-ИС is the control sampling point with artificial substrates.



**Рис. 2.** Голландский искусственный субстрат (DAS – Dutch Artificial Substrate).

Fig. 2. DAS – Dutch Artificial Substrate.

0,5 мм. Беспозвоночных с механическим мусором (органика, песок) помещали в пластиковые банки и фиксировали этанолом 96 %.

Для оценки состояния экосистем по биотическим методам использовали пять широко апробированных и хорошо зарекомендовавших себя методов биоиндикации:

– стандартные методы оценки экологического качества воды, рекомендуемые ГОСТ 17.1.3.07–82<sup>2</sup>, в частности, биотический индекс Вудивисса и олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея;

– индекс трофической комплектности [3, 4], бельгийский биотический индекс ВВІ (ББИ) [5, 6], метод ВМWP' [7].

Результаты оценки экологического качества воды по ГОСТ 17.1.387-82 являются официальными и учитываются в юридической и природоохранной правоприменительной практике в Российской Федерации.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего за период исследования было обнаружено 35 видов и форм макрозообентоса: с небольшим разбросом по станциям 32 вида на фоновом створе и 27 видов на контрольном створе р. Туры. Каждый месяц на исследованных створах было выявлено от 17 до 24 видов и форм макрозообентоса. Сводный список макрозообентоса приведен в табл. 1.

Анализ структуры и биотических индексов макрозообентоса позволил проследить динамику экологических процессов в бассейне р. Туры в черте г. Тюмени, сопоставить их особенности на фоновом и контрольном створах.

В целом на обоих створах в 2022 г. наблюдался процесс экологического равновесия. Ситуация по сообществу макрозообентоса укладывалась в диапазон классов I–III («очень чисто – умеренно загрязнено») по отдельным индексам, а по среднему индексу стабильно входила в диапазон I–II классов («очень чисто – чисто»). При этом, между створами отличий по экологическому состоянию не обнаружено (табл. 1). По фоновому створу число видов макрозообентоса колебалось от 19 до 24, с максимумом разнообразия в августе. Средний класс экологического качества воды по индексам варьировал в диапазоне 1,4 – 2,0 (I–II класс, «отлично – чисто»), с наилучшим значением в августе.

По контрольному створу число видов макрозообентоса составило от 17 до 22, с максимумом разнообразия в августе. Средний класс экологического качества воды по индексам колебался в диапазоне 1,2 – 2,0 (I–II класс, «отлично – чисто»), с наилучшим показателем в августе, как и на фоновом створе.

При рассмотрении частных значений каждого из индексов следует отметить, что наиболее оптимистичными были показания олигохетного индекса Гуднайта–Уитлея: на всех створах за все даты отбора проб они указывали на I класс качества – «очень чисто» из шести возможных классов по ГОСТ 17.1.387-82<sup>2</sup>. Особенность данного индекса заключается в том, что он специфически указывает на присутствие органического загрязнения воды, вызывающего дефицит растворенного кислорода. Поэтому наивысший класс качества воды по этому показателю свидетельствует об отсутствии проблем с органическим загрязнением.

Биотический индекс Вудивисса, принцип оценки которого основан на количестве индикаторных групп, стабильно на обоих створах показывал II класс качества – «чисто» по ГОСТ 17.1.387-82 [8]. Данный метод изначально

<sup>2</sup> ГОСТ 17.1.3.07–82. Межгосударственный стандарт ГОСТ 17.1.3.07-82. «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков» (введ. в действие Постановлением Госстандарта СССР от 19 марта 1982 г. № 1115).

**Таблица 1.** Видовой состав и количественные показатели макрозообентоса р. Туры на створах в г. Тюмени, июль – сентябрь 2022 г.  
**Table 1.** Species composition and quantitative indicators of the Tura River macrozoobenthos at the locations in Tyumen, July-September, 2022

Таксоны	21.07.2022			21.08.2022			20.09.2022			Контрольный створ				
	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	№, пробы	
<b>Оligochaeta</b>														
<i>Auadrillus limnobilis</i>														
<i>Stylaria lacustris</i>														
<b>Hydra</b>														
<i>Hydrilla</i>	2	0,0002	4	0,0004	1	0,0002	1	0,0004	4	0,0007	1	0,0010	3	0,0132
<i>Graptella octoculata</i>	3	0,0146	4	0,3364	5	0,0019	7	0,1390	31	0,1119	10	0,5210	31	0,3367
<i>Hydrilla complanata</i>														
<i>Hydrilla marginata</i>	4	0,0080	7	0,0205	10	0,1911	17	0,0400	12	0,0388	4	0,0155	2	0,0284
<i>Hydrilla marginata</i>														
<b>Malacostraca</b>														
<i>Bitania tentaculata</i>	3	2,7480	3	7,4963	6	0,8830	6	3,8422	41	2,3651	37	1,1596	5	1,5794
<i>Borstenia notatica</i>														
<i>Sergentina fennee</i>	6	0,6765	3	0,1353	5	0,2968	1	0,0129	6	0,3652	4	0,2991	2	0,0094
<i>Tetraodoniscus</i>														
<b>Crustacea</b>														
<i>Sida crystallina</i>	5	0,0159	7	0,0048	6	0,0152	1	0,0009	7	0,0176	7	0,0145	4	0,0052
<i>Abathys monilis</i>	14	0,1125	6	0,0154	5	0,0379	4	0,6498	3	0,0128	2	0,0208	1	0,0150
<i>Chironomus</i>	2	0,0078	7	0,0074	2	0,0002	1	0,0010	8	0,0270	6	0,0170	6	0,0044
<i>Demicyclops thomasi</i>	86	0,2390	39	0,0913	44	0,1236	60	0,1725	255	0,8421	1	0,0006	10	0,0124
<i>Dicentides nervosus</i>														
<i>Enfieldia pagana</i>														
<i>Harnischia fuscimanis</i>														
<i>Macropelopia nebulosa</i>														
<i>Microchironomus tener</i>	3	0,0055	2	0,0007	8	0,0080	2	0,0017	1	0,0003	3	0,0030	2	0,0019
<i>Paracaladogetta</i> sp.														
<i>Tanytarsus</i>														
<i>excavatus/nemorosus</i>														
<i>Chironominae (pupa)</i>	2	0,0108												
<i>Chironominae (imago)</i>														
<i>Chironominae (pupa)</i>														
<b>Другие Diptera</b>														
<i>Mallotrichia inermis</i>														
<b>Ephemeroptera</b>														
<i>Caenis</i> sp.	37	0,1173	13	0,0315	13	0,0525	7	0,0058	9	0,0098	44	0,0697	1	0,0005
<i>Heptagenia flavo</i>														
<i>Simulica</i>														
<b>Trichoptera</b>														
<i>Brachycentrus subnubilis</i>	17	0,1013	22	0,1090	7	0,0084	8	0,0570	13	0,0210	20	0,0577	2	0,0025
<i>Brachycentrus subnubilis (pup.)</i>														
<i>Ceraclea annulicornis</i>	3	0,0315												
<i>Hydropsyche bulgaromanorum</i>	311	1,7612	211	1,5755	95	0,8877	67	0,9817	206	0,6680	513	4,3996	181	0,5644
<i>Neuraclops bimaculata</i>	14	0,2474	22	0,1585	9	0,1946	13	0,2877	3	0,0210	22	0,4173	9	0,1604
<i>Neuraclops bimaculata (pup.)</i>														
<b>Odonata</b>														
<i>Somatostoma metallica</i>														
<b>Сумма численности/биомасса</b>	513	6,10	354	10,24	229	2,78	198	1,80	274	1,05	320	1,123	263	3,40
<b>Концентрация индив.</b>	17		16		18		15		13		18		15	
<b>Контрольный створ</b>														
<b>Фонный створ</b>														
<b>Контрольный створ</b>														
<b>Фонный створ</b>														
<b>Контрольный створ</b>														
<b>Фонный створ</b>														
<b>Контрольный створ</b>														
<b>Фонный створ</b>														

но был разработан для Великобритании (изолированный остров), поэтому его прямое приложение к материковым евразийским водоемам не всегда дает объективную оценку, часто она бывает «излишне оптимистичной». Однако в проведенном исследовании метод сработал вполне адекватно, его результаты полностью совпали с другим методом оценки – Бельгийским Биотическим индексом, который представляет глубокую модификацию метода Вудивисса, заключающуюся в адаптации к условиям материковых водоемов Европы [5, 6]. Оба створа по ББИ характеризуются как реки «хорошего качества» (II класс по пятибалльной системе, широко принятой в экологической оценке в Европе), а в августе даже как реки «отличного качества» (I класс качества).

Еще один биотический индекс BMWP' (Biological Monitoring Working Party), разработанный для Испании, также достаточно объективно выдает оценки экологического качества воды по структуре сообщества макрозообентоса [7]. В нашем случае с июля по сентябрь оценки по этому методу колебались между II и III классами качества («чисто – умеренно загрязненно»). Между створами по экологическому качеству отличий не выявлено, за исключением сентября, когда на контрольном створе качество воды оказалось на один класс ниже. Данный факт не имеет решающего значения, поскольку по остальным четырем методам оценки ухудшения качества воды не наблюдалось.

Индекс трофической комплектности (ИТК) – метод биологической индикации, который указывает на полноту трофических связей макрозообентоса в пределах водной экосистемы [3, 4]. Любой значимый фактор возмущения среды (химический, физический, механический), превышая определенный уровень воздействия, влияет на трофическую структуру макрозообентоса, что может трактоваться как функциональное изменение экосистемного характера. Изменения выражаются в разрыве трофических связей между группами организмов, а также в исчезновении самих организмов в зависимости от того, какой источник органического вещества они используют в питании. По оценке ИТК экологическое качество воды на створах с июля по сентябрь находилось в диапазоне I–II класса («отлично – хорошо»). Причем, в июле и августе качество воды на контрольном створе улучшалось на один балл по сравнению с фоновым. Объяснить это можно тем, что между фоновым и контрольным створами в р. Туру впадают воды из двух водоемов – пойменного озера (правый берег) и прибрежного пруда (левый берег), привносящих в реку воду, обогащенную планктонным сообществом организмов (бактерии, водоросли, зоопланктон). Этот пул организмов отчасти улучшает трофический потенциал условий обитания макрозообентоса на контрольном створе реки, что и позволяет наблюдать здесь высокое разнообразие трофических групп организмов и получить наивысший класс экологического качества воды. В нашем случае трофическое разнообразие на контрольном створе возросло за счет появления беспозвоночных из третьей группы ИТК (табл. 2).

В третью группу ИТК, которая периодически присутствовала на контрольном створе р. Туры, входят всеядные животные (омниворы) с хорошо развитым ротовым аппаратом, которые поедают крупные растительные остатки и

**Таблица 2.** Макрозообентос, его трофическая структура и биотические индексы речных станций, р. Тура, июль – сентябрь 2022 г.

**Table 2.** Macrozoobenthos, its trophic structure and biotic indices of the river stations, the Tura River, July-September, 2022

Показатели	Станции отбора проб							
	Фон, июль	Контроль, июль	Фон, август	Контроль, август	Фон, сентябрь	Контроль, сентябрь		
Трофические группы ИТК								
1	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Macropelopia nebulosa</i> <i>Tanytus</i>	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Tanytus</i>	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Somatochlora metallica</i> <i>Tanytus</i>	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Tanytus</i>	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Tanytus</i>	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Tanytus</i>	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Tanytus</i>	<i>Ablabesmyia monilis</i> <i>Tanytus</i>
2	<i>Demicyptochironomus vulneratus</i> <i>Neureclipsis bimaculata</i>	<i>Demicyptochironomus vulneratus</i> <i>Neureclipsis bimaculata</i>	<i>Demicyptochironomus vulneratus</i> <i>Neureclipsis bimaculata</i>	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	<i>Neureclipsis bimaculata</i>	<i>Demicyptochironomus vulneratus</i> <i>Neureclipsis bimaculata</i>
3	–	<i>Cryptochironomus defectus</i> <i>Hydropsyche bulgaromanorum</i>	–	<i>Cryptochironomus defectus</i>	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–
5	<i>Ceraclea annulicornis</i>	<i>Ceraclea annulicornis</i>	<i>Ceraclea annulicornis</i>	<i>Ceraclea annulicornis</i>	<i>Ceraclea annulicornis</i>	<i>Ceraclea annulicornis</i>	<i>Ceraclea annulicornis</i>	<i>Ceraclea annulicornis</i>
6	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i> <i>Heptagenia flava</i> <i>Segmentina nitida</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Dicrotendipes nervosus</i> <i>Heptagenia flava</i>
7	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Caenis rivulorum</i> <i>Chironomus</i>	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Caenis rivulorum</i> <i>Chironomus</i> <i>Harnischia</i> <i>Tanytarsus</i>	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Caenis rivulorum</i> <i>Chironomus</i> <i>Harnischia</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Caenis rivulorum</i> <i>Chironomus</i> <i>Harnischia</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Caenis rivulorum</i> <i>Chironomus</i> <i>Heptagenia flava</i> <i>Syllaria lacustris</i>	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Chironomus</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Chironomus</i> <i>Heptagenia flava</i>	<i>Aulodrilus plurisetia</i> <i>Chironomus</i> <i>Heptagenia flava</i>
8	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Tetragonocyclus baudoniana</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Tetragonocyclus baudoniana</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Sida crystallina</i> <i>Tetragonocyclus baudoniana</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Tetragonocyclus baudoniana</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Tetragonocyclus baudoniana</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Sida crystallina</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Tetragonocyclus baudoniana</i>	<i>Bithynia tentaculata</i> <i>Tetragonocyclus baudoniana</i>



Продолжение таблицы 2.

Показатели	Станции отбора проб						
	Фон, июль	Контроль, июль	Фон, август	Контроль, август	Фон, сентябрь	Контроль, сентябрь	
Трофические группы ИТК							
9	<i>Helobdella stagnalis</i>	<i>Glossiphonia complanata</i> <i>Helobdella stagnalis</i>	<i>Glossiphonia complanata</i> <i>Helobdella stagnalis</i>	<i>Glossiphonia complanata</i> <i>Helobdella stagnalis</i> <i>Hemiclepsis marginata</i>	<i>Glossiphonia complanata</i> <i>Helobdella stagnalis</i>	<i>Glossiphonia complanata</i>	
10	<i>Erpobdella octoculata</i> <i>Hydra</i>	<i>Erpobdella octoculata</i>	<i>Erpobdella octoculata</i> <i>Hydra</i>	<i>Erpobdella octoculata</i> <i>Hydra</i>	<i>Erpobdella octoculata</i> <i>Hydra</i>	<i>Erpobdella octoculata</i>	
11	-	-	-	-	-	-	
12	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	
Число видов	19	20	24	22	19	17	
Биомасса г/пробу	6,37	4,99	9,56	5,98	2,69	5,66	
Олигохетный индекс Гудайнта&Уитлея, %	0,37 (I)	0,65 (I)	0,08 (I)	0,2 (I)	0,09 (I)	0,33 (I)	
Индекс Вудависса	7 (II)	7 (II)	9 (I)	9 (I)	8 (II)	7 (II)	
ВВИ	7 (II)	8 (II)	9 (I)	9 (I)	8 (II)	8 (II)	
ВМВР'	49 (III)	56 (III)	78 (II)	74 (II)	64 (II)	59 (III)	
Индекс ИТК	25,31 (II)	28,1 (I)	25,31 (II)	28,1 (I)	25,31 (II)	25,31 (II)	
Средний класс	II	II	I	I	II	II	

Примечание: цветовая кодировка классов экологического качества воды: I класс – голубой цвет; II класс – зеленый; III класс – желтый; IV класс – оранжевый; V класс – красный цвет.

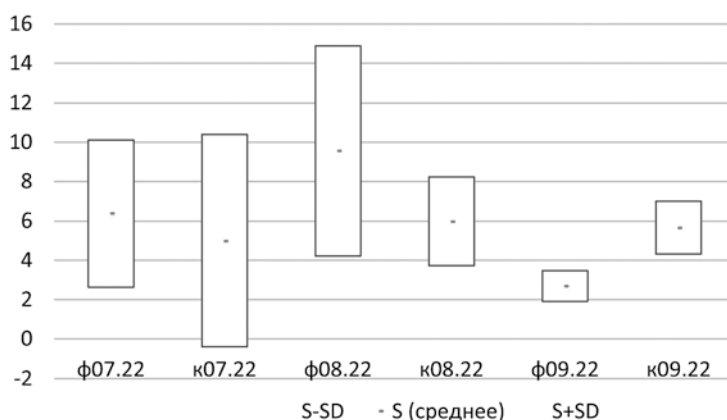
живые растения и живые объекты. Некоторые представители проявляют избирательность и активность при поиске пищевого объекта, другие совершенно не разборчивы, собирают детрит и поедают мелких *Oligochaeta* и *Chironomidae* по маршруту своего движения. Это группа смешанного макропитания, типичными представителями которой являются *Astacus*, *Hydropsyche ornatula*, *Gammarus lacustris* и др. Информация по трофическим группам, а также расчет ИТК проводился с использованием онлайн-программы MaTroS<sup>3</sup>.

В исследовании 2001 г. для участка р. Туры в районе пешеходного моста (1,5 км ниже контрольного створа) в летний меженный период видовое богатство характеризовалось 16 видами макрозообентоса [9], тогда как в августе 2022 г. оно возросло до 22 видов на контрольном створе. Эти створы расположены близко друг к другу и могут рассматриваться, при определенном допущении, как идентичные. Отличия в лучшую сторону на контрольном створе возможны по двум причинам: либо загрязнение воды уменьшилось и экологическая ситуация в реке стала лучше, либо отбор проб макрозообентоса с искусственным субстратом в 2022 г. демонстрировал более высокую уловистость, чем качественный прямой сбор с погруженных в воду субстратов (древесина, камни) в 2001 г.

Относительно биомассы макрозообентоса следует отметить такую закономерность: в процессе загрязнения воды токсичными веществами она понижается, поскольку плотность поселения организмов на донных грунтах также снижается; при умеренном органическом загрязнении воды биомасса макрозообентоса повышается за счет увеличения плотности поселения донных организмов. Максимальная биомасса (на искусственном субстрате) была зарегистрирована в августе для фонового створа (12,71 г/ИС), тогда как минимальное значение (1,80 г/ИС) отмечено для контрольного створа в июле. Разброс значений по биомассе на один искусственный субстрат в одном створе достигал 2–5 раз (на створе устанавливалось три искусственных субстрата) (рис. 3). Такие значительные колебания биомасс макрозообентоса объясняются существенной мозаичностью распределения макрозообентоса на дне реки, которая зависит от скорости течения, глубины и типа донного грунта на конкретном участке.

Как отражено на рис. 3, биомасса имеет низкую информативность при изучении различий в сообществе макрозообентоса между фоновым и контрольным створами на исследованном участке р. Туры. Отличия средних биомасс в июле и августе статистически не значимы. В сентябре эти отличия имеют статистическую значимость, диапазоны стандартного отклонения не пересекаются у фонового и контрольного створов. Причем, биомасса макрозообентоса на контрольном створе в сентябре выше, а значит кормовая база для рыб на этом створе более обильна. В целом такой критерий, как биомасса макрозообентоса, редко используется для оценки экологического качества воды вследствие своей высокой вариабельности.

<sup>3</sup>MaTroS – это информационная база и программный инструмент для расчета Индекса Трофической Комплектности (ИТК). Режим доступа: <http://macro.nemi-ekb.ru/index.php?r=site/login>.



**Рис. 3.** Разброс биомасс макрозообентоса в искусственном субстрате по створам в разные даты отбора. Изображено среднее значение и стандартное отклонение от него (г/ИС) на каждом из створов (ф – фон, к – контроль).  
**Fig. 3.** Spread of the macro/zoo/benthos biomasses in an artificial substrate depending on the locations stretches and different dates of sampling.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение макрозообентоса р. Туры на фоновом и контрольном створах продемонстрировало идентичность этих сообществ, а значит и высокую сопоставимость экологических условий на этих речных участках. Как стандартные (олигохетный индекс, метод Вудивисса) по ГОСТ 17.1.387-822, так и исследовательские (BBI, VMWP', ИТК) методы биоиндикации выдавали оценки от I до III класса качества воды («отлично – хорошо – умеренное загрязнение») в разные даты отбора, в большинстве случаев совпадающие на фоновом и контрольном створах. Средний класс экологического качества воды полностью совпадал по створам и укладывался в диапазон I и II класса («отлично – хорошо»). Такие результаты биоиндикации по структуре сообществ макрозообентоса указывают на то, что между фоновым и контрольным створами не происходит деградации гидробиоценозов, какого-либо достоверного воздействия на экологическое качество воды не наблюдается, несмотря на факт поступления воды с пойменного озера на правом берегу, пруда на левом берегу и выпуска воды от аквапарка «Лето-Лето». Отчасти наоборот, упомянутые притоки приносят с собой планктонные организмы, способствующие формированию кормовой базы для третьей трофической группы ИТК, что отразилось на максимально положительной оценке качества воды в июле и августе по индексу ИТК (I класс) на контрольном створе.

Ответ на вопрос о наличии негативного воздействия выпуска аквапарка «Лето-Лето» на структуру сообщества макрозообентоса, а значит и биоценоз р. Туры в целом на локальном участке, отрицательный. Если же по химическим показателям такое воздействие в каких-то формах и установлено, то его интенсивность предельно низкая, не находит подтверждения по биологическим показателям и, скорее всего, укладывается в диапазон оптимального химического состава воды. Признаков ущерба водной экосистеме на обследованном участке р. Туры в меженный период 2022 г. не установлено.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bij de Vaate, A. and Greijdanus-Klaas, M.: 1990, «Biological Monitoring of Rivers by Means of an Artificial Substrate», Rijkswaterstaat DienstBinnenwateren (RIZA), Lelystad. Report No. 90.009, 57 pp. (in Dutch).
2. Павлюк Т.Е., А.А. Минин, В.Ф. Мухутдинов, А. Бий де Фаат. Методические аспекты применения голландского искусственного субстрата в практике биологического мониторинга российских рек // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2003. Т. 5. № 1. С. 79–89.
3. Pavluk T.I., Abraham bij de Vaate & Heather A. Leslie. Development of an Index of Trophic Completeness for benthic macroinvertebrate communities in flowing waters. *Hydrobiologia*: 2000. Kluwer Academic Publishers. P. 135–141.
4. Bij de Vaate A., Pavluk T. Practicability of the Index of Trophic Completeness for running waters. *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publisher. 2004. Vol. 519. No. 1–3, P. 49–60.
5. Chandler J.R.. A biological approach to water quality management. // *Water Pollution Control*. 1970. Vol. 69. P. 415–422.
6. De Pauw N, Vanhooren G. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*. 1983. Vol. 100. P. 153–168.
7. Alba-Tercedor J. & Sanchez-Ortega A. Un metodorapido y simple para evaluar le calidadbiologica de las aguascorrientesbasadoen el de Hellawell. 1978. *Limnetica*. P. 51–56.
8. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board // *Chemistry and Industry*. 1964. Vol. 14. P. 443–447.
9. Шарапова Т. А. К изучению пространственно-временной структуры зооперифитона р. Туры // ВЭЛЛ. 2008. № 8. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-izucheniyu-prostranstvenno-vremennoy-struktury-zooperifitona-r-tury> (дата обращения 01.03.2023).

## REFERENCES

1. Bij de Vaate, A. and Greijdanus-Klaas, M.: 1990, «Biological Monitoring of Rivers by Means of an Artificial Substrate», Rijkswaterstaat DienstBinnenwateren (RIZA), Lelystad. Report No. 90.009, 57 pp. (in Dutch).
2. Pavluk T.Y., Minin A.A., Mukhutdinov V.F., A. Bij de Vaate. Methodical aspects of the Dutch artificial substrate application in the practice of the Russian rivers biological monitoring. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2003. Vol. 5. No. 1. P. 79–89 (In Russ.).
3. Pavluk T.I., Abraham bij de Vaate & Heather A. Leslie. Development of an Index of Trophic Completeness for benthic macroinvertebrate communities in flowing waters. *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publishers. 2000. P. 135–141.
4. Bij de Vaate A., Pavluk T. Practicability of the Index of Trophic Completeness for running waters. *Hydrobiologia*. Kluwer Academic Publisher. 2004. Vol. 519. No. 1–3. P. 49–60.
5. Chandler J.R.. A biological approach to water quality management. *Water Pollution Control*. 1970. Vol. 69. P. 415–422.
6. De Pauw N, Vanhooren G. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*. 1983. Vol. 100. P. 153–168.
7. Alba-Tercedor J. & Sanchez-Ortega A. Un metodorapido y simple para evaluar le calidadbiologica de las aguascorrientesbasadoen el de Hellawell. 1978. *Limnetica*. P. 51–56.
8. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chemistry and Industry*. Vol. 14. 1964. P. 443–447.
9. Sharapova T.A. About the studying of the Tura River zoo/periphyton spatial-temporal structure. *VELL*. 2008. No. 8. <https://cyberleninka.ru/article/n/k-izucheniyu-prostranstvenno-vremennoy-struktury-zooperifitona-r-tury> (In Russ.).

## Сведения об авторах:

**Павлюк Тимур Евгеньевич**, канд. биол. наук, заведующий сектором гидробиологических исследований отдела реабилитации и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Уральский филиал, Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира 23; ORCID: 0000-0002-4615-9717; e-mail: T.Pavluk@mail.ru

**Захарова Ирина Николаевна**, главный специалист, отдел реабилитации и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Уральский филиал, Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: daphniamagna@yandex.ru

**Чураков Андрей Анатольевич**, ведущий инженер, сектор гидробиологических исследований отдела реабилитации и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Уральский филиал Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: czeglok@yandex.ru

**Мухутдинов Валерий Фаметдинович**, канд. биол. наук, главный специалист, сектор гидробиологических исследований отдела реабилитации и охраны водных объектов, ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Уральский филиал, Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Мира 23; e-mail: muhutdinov1@rambler.ru

**About the authors:**

**Timur Y. Pavluk**, Candidate of Biological Sciences, Head, Department of Water Bodies' Rehabilitation and Protection Section of Hydrobiological Research, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Ural Branch, ul. Mira, 23, Ekaterinburg 620049, Russia; ORCID: 0000-0002-4615-9717; e-mail: T.Pavluk@mail.ru

**Irina N. Zakharova**, Chief Expert, Department of Water Bodies' Rehabilitation and Protection, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Ural Branch; ul. Mira, 23, Ekaterinburg 620049, Russia; e-mail: daphniamagna@yandex.ru

**Andrey A. Churakov**, Leading Engineer, Department of Water Bodies' Rehabilitation and Protection Section of Hydrobiological Research, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Ural Branch, ul. Mira, 23, Ekaterinburg 620049, Russia;

**Valery F. Mukhutdinov**, Candidate of Biological Sciences, Chief Expert, Department of Water Bodies' Rehabilitation and Protection Section of Hydrobiological Research, Russian Research Institute for Integrated Water Management and Protection Ural Branch, ul. Mira, 23, Ekaterinburg 620049, Russia; e-mail: muhutdinov1@rambler.ru