









DOI 10.23859/estr-230825

EDN WENNSS

УДК 574.5

*Научная статья*

## **Исследование реки Ехегис в целях гидробиологического мониторинга**

М.Р. Даллакан , Ж.Г. Мкртчян\* , Э.В. Епремян ,  
Р.О. Кобелян , Л.Н. Погосян , В.Л. Асатрян 

*Научный центр зоологии и гидроэкологии Национальной академии наук Республики Армения, 0014, Республика Армения, г. Ереван, ул. П. Севака, д. 7*

*\*zhanna.mkrтчyan@gmail.com*

**Аннотация.** С 2011 г. ведутся работы по улучшению системы управления водными ресурсами Армении, в результате которых территория республики разделена на шесть территорий управления речными бассейнами и основана государственная система гидробиологического мониторинга, требующая регулярного исследования экологического состояния поверхностных водных объектов. Данная работа посвящена оценке изменений в сообществе донных макробеспозвоночных в бассейне реки Ехегис спустя десятилетие после первоначальных исследований. Результаты показывают более высокое таксономическое разнообразие по сравнению с 2012 г., однако существенных изменений в общем экологическом состоянии не выявлено. Это подтверждает возможность дальнейшего использования упрощенного мультиметрического индекса, разработанного для управления Араратским речным бассейном. В то же время необходимы дополнительные исследования видового состава донных макробеспозвоночных для повышения эффективности индекса.

**Ключевые слова:** экологическое состояние, Араратский речной бассейн, река Арпа, элементы биологического качества, донные макробеспозвоночные, Водная Рамочная Директива, биоиндикация, ЕРТ

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке Комитета по Высшему Образованию и Науке РА в рамках научного проекта № 22RL-023.

### **ORCID:**

М.Р. Даллакян, <https://orcid.org/0000-0001-8269-8227>

Ж.Г. Мкртчян, <https://orcid.org/0009-0008-3605-1391>

Э.В. Епремян, <https://orcid.org/0009-0005-4038-6555>

Р.О. Кобелян, <https://orcid.org/0009-0003-9618-6566>

Л.Н. Погосян, <https://orcid.org/0009-0008-4933-0568>

В.Л. Асатрян, <https://orcid.org/0000-0002-1477-5742>

**Для цитирования:** Даллакян, М.Р. и др., 2025. Исследование реки Ехегис в целях гидробиологического мониторинга. *Трансформация экосистем* 8 (2), 225–238. <https://doi.org/10.23859/estr-230825>

Поступила в редакцию: 25.08.2023

Принята к печати: 15.03.2024

Опубликована онлайн: 30.05.2025

---







DOI 10.23859/estr-230825

EDN WENNSS

UDC 574.5

### Article

## Revisiting the Yeghegis River for the purposes of hydrobiological monitoring

M.R. Dallakyan , Z.H. Mkrtchyan\* , H.V. Yepremyan ,  
H.H. Kobelyan , L.N. Poghosyan , V.L. Asatryan 

*Scientific Center of Zoology and Hydroecology of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Sevak St. 7, Yerevan, 0014 Armenia*

\*zhanna.mkrtchyan@gmail.com

---

**Abstract.** Due to initiated in 2011 improvements in the water management system of Armenia, six Basin Management Areas were created and hydrobiological monitoring was introduced. It requires regular investigations of ecological status of surface water bodies. The current research aims to study the changes in the assemblage of benthic macroinvertebrates in the basin of the Yeghegis River ten years after the baseline studies. The results show higher taxonomic diversity for this basin in comparison with 2012. However, significant changes in its overall ecological status have not been revealed. This proves the assumption that existing multimetric index can be still used for the Ararat Basin Management Area, but further investigations of species structure of benthic macroinvertebrates are necessary to improve its performance.

**Keywords:** ecological status, Ararat Basin Management Area, The Arpa River, Biological Quality Elements, benthic macroinvertebrates, Water Framework Directive, bioindication, EPT

**Funding** The work was supported by the Higher Education and Science Committee of RA (project № 22RL-023).

### ORCID:

M.R. Dallakyan, <https://orcid.org/0000-0001-8269-8227>

Z.H. Mkrtchyan, <https://orcid.org/0009-0008-3605-1391>

H.V. Yepremyan, <https://orcid.org/0009-0005-4038-6555>

H.H. Kobelyan, <https://orcid.org/0009-0003-9618-6566>

L.N. Poghosyan, <https://orcid.org/0009-0008-4933-0568>

V.L. Asatryan, <https://orcid.org/0000-0002-1477-5742>

**To cite this article:** Dallakyan M.R. et al., 2025. Revisiting the Yeghegis River for the purposes of hydrobiological monitoring. *Ecosystem Transformation* 8 (2), 225–238. <https://doi.org/10.23859/estr-230825>

Received: 25.08.2023

Accepted: 15.03.2024

Published online: 30.05.2025

## Введение

Поддержание качества пресноводных экосистем имеет первостепенное значение как для них самих, так и для человечества (Loucks and van Beek, 2017). В связи с этим правительство Республики Армения в 2011 г. приняло постановление № 75-N<sup>1</sup>, а в 2022 г. внесло поправки в Водный кодекс, направленные на обеспечение хорошего качества поверхностных вод в соответствии с требованиями Водной Рамочной Директивы Европейского Союза<sup>2</sup>. В рамках улучшения системы управления водными ресурсами в Армении были основаны шесть территорий управления речными бассейнами (ТУРБ) и проведены фоновые исследования, необходимые для разработки планов управления речными бассейнами (ПУРБ). Однако ПУРБ должны пересматриваться каждые шесть лет, причем анализ экологического состояния рек является ключевым элементом таких пересмотров. Существуют различные подходы к оценке состояния поверхностных вод (Peluso et al., 2021; Yan et al., 2022), но для гидробиологического мониторинга наиболее надежными считаются мультиметрические и многомерные методы (Arman et al., 2019; Birk et al., 2012; Ndatimana et al., 2023). Подобные подходы были протестированы в различных речных бассейнах Армении (Asatryan and Dallakyan, 2015, 2018, 2021).

Река Ехегис – крупнейший приток р. Арпа, которая, в свою очередь, является крупнейшей рекой Араратской ТУРБ и одной из важнейших водных артерий Армении, имеющей международное значение. Первые гидробиологические исследования бассейна р. Арпа, включая р. Ехегис, были проведены в 2012 г. По их результатам был предложен упрощенный мультиметрический индекс (ММИ) для оценки экологического состояния рек данного региона, основанный на анализе донных макробеспозвоночных (Asatryan and Dallakyan, 2021). Данная группа организмов широко применяется не только для ММИ (Birk et al., 2012), но и для разработки простых биотических индексов (Varbour et al., 1999) и методов быстрой биологической оценки, протестированных в Армении (например, Asatryan et al., 2020).

С учетом геополитической ситуации, непосредственно влияющей на Вайоц Дзорский марз, где расположена р. Арпа, спустя десять лет после базовых исследований мы вновь изучили сообщества донных макробеспозвоночных в бассейне р. Ехегис. Настоящее исследование также направлено на восполнение пробелов в знаниях о лучших доступных участках Араратского ТУРБ, что важно для дальнейшего совершенствования ММИ.

## Материалы и методы

### **Район исследования и точки отбора проб**

Река Ехегис начинается с южных склонов хребта Варденис на высоте 3200 м н.у.м. Длина реки составляет 47 км, площадь бассейна – 516 км<sup>2</sup>. Большая часть верхнего течения протекает через каньоны и V-образную долину с множеством порогов, следовательно, имеет значительный гидроэнергетический потенциал. На реке уже построено несколько малых гидроэлектростанций (МГЭС), что привело к гидроморфологической деградации и эффектам гидропиков (Gevorgyan et al., 2017; Hambaryan and Gevorgyan, 2019).

<sup>1</sup> The RA Government Decree N75-N of 27 March 2011 "On the establishment of water quality standards for each water basin management area depending on the territory".

<sup>2</sup> European Commission Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy.

Полевые исследования были проведены в начале августа 2022 г., в период межени (как и базовые исследования 2012 г.), с соблюдением всех требований безопасности протокола AQEM<sup>3</sup>. В отличие от 2012 г., когда бентосные макробеспозвоночные отбирались только с двух станций, в 2022 г. мы использовали шесть станций, сеть которых охватывала диапазон высот и антропогенных воздействий. Кроме того, особое внимание уделялось наблюдениям за изменениями донных макробеспозвоночных вверх и вниз по течению от дамб гидроэлектростанций, широко распространенных по всему водосборному бассейну р. Ехегис. Координаты точек отбора проб и их высоты были зафиксированы с помощью GPS Garmin eTrex 20 (Табл. 1).

Ниже по течению от станции Y3 камни были покрыты *Cladophora* sp., проективное покрытие которой на станциях Y5 и Y6 было 60–70%. На станциях Y3 и Y4 некоторые гидрофитные макрофиты родов *Ranunculus* и *Veronica* покрывали значительные площади, в то время как на станциях Y1 и Y2 гидрофитных видов макрофитов почти не было.

На основе условий субстрата был проведен иерархический кластерный анализ исследуемых площадок для оценки уровня их сходства и анализа возможного влияния микросреды условий обитания на разнообразие донных макробеспозвоночных. Иерархический кластерный анализ был выполнен на основе квадратичного эвклидового расстояния в программе IBM SPSS 17.

### **Отбор и обработка проб донных макробеспозвоночных**

Образцы донных макробеспозвоночных отбирали с помощью пробоотборника Surber с размером ячеек 500 мкм и площадью рамы 0.09 м<sup>2</sup>. Отбор проводился в пяти повторностях в соответствии со стандартами EN 16150:2012<sup>4</sup>. Образцы обрабатывали в полевых условиях и консервировали в 96% этаноле для последующего определения до уровня рода (в некоторых случаях – семейства), аналогично исследованиям 2012 г.. Идентификацию таксонов проводили с использованием микроскопа Zeiss Stemi 305 и специализированных определителей (Иванов и др., 2001; Кутикова и Старобогатов, 1977; Vikashvili et al., 2022; Hrivniak et al., 2018; Waringer and Graf, 2011).

### **Оценка экологического состояния**

Аналогично исследованиям 2012 г., экологическое состояние исследуемых участков было оценено с использованием индексов BMWP (Armitage et al., 1983) и ASPT (Семенченко и Разлуцкий, 2010) (Табл. 2 и 3) по следующим формулам:

$$BMWP = \sum_{i=1}^n T_i ,$$

где  $T_i$  – балл толерантности по данным Wright et al. (1993) и Leeds-Harrison et al. (1996).

$$ASPT = \frac{BMWP}{N_{taxa}} ,$$

где  $N_{taxa}$  – количество таксономических единиц в пробе.

Также были вычислены следующие показатели: количество таксонов, количество семейств, процентное соотношение таксонов поденок, веснянок и ручейников (индекс ЕРТ) и процентное соотношение таксонов двукрылых (исключая *Vlephariceridae*). Для попарного сравнения структуры донных макробеспозвоночных на различных станциях был применен индекс Сёренсена-Дайса (Sørensen, 1948):

$$K = \frac{2J}{A+B} ,$$

где  $J$  – количество общих таксонов для обеих станций,  $A$  и  $B$  – общее количество таксонов на каждой из станций.

<sup>3</sup> Manual for the application of the AQEM system, 2002. A comprehensive method to assess European streams using benthic macro invertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive, Version 1.0. Интернет-ресурс. URL: [http://www.aqem.de/ftp/aqem\\_manual.zip](http://www.aqem.de/ftp/aqem_manual.zip) (accessed: 05.02.2019).

<sup>4</sup> EN 16150:2012. Water quality – Guidance on pro-rata multi-habitat sampling of benthic macro-invertebrates from wadeable rivers.

**Табл. 1.** Координаты, высоты и некоторые абиотические характеристики станций пробоотбора. Субстрат классифицируется по размеру частиц согласно протоколу AQEM: ил/песок < 2 мм; акаль 0.2–2 см; микролиталь 2–6 см; мезолиталь 6–20 см; макролиталь 20–40 см; мегалиталь > 40 см; скальное дно. \* – площадки были также изучены в 2012 г.

Станция пробоотбора	Широта	Долгота	Высота (м н.у.м.)	Т (°С)	Ширина русла (м)	Средняя глубина русла (см)	Скорость течения (м/с)	рН	Субстрат
Y1*	39.9268	45.5169	2235	16.7	4.5	35	0.8	8	песок 10%; акаль 5%; микролиталь 10%; мезолиталь 30%; макролиталь 10%; мегалиталь 25%; скальное дно 10%
Y2	39.9239	45.5114	2199	17.8	3.5	25	0.4	8	песок 10%; микролиталь 10%; мезолиталь 30%; макролиталь 30%; мегалиталь 10%; скальное дно 10%
Y3	39.8695	45.3541	1525	18.5	15	45	0.3	7.9	песок/ил 30%; акаль 20%; микролиталь 20%; мезолиталь 20%; макролиталь 10%
Y4	39.8670	45.3509	1520	18.4	7	25	0.4	7.9	песок 10%; акаль 5%; микролиталь 20%; мезолиталь 20%; макролиталь 25%; мегалиталь 20%
Y5	39.8238	45.2972	1232	18.7	14	25	0.7	7.8	микролиталь 10%; мезолиталь 20%; макролиталь 40%; мегалиталь 20%; скальное дно 10%
Y6*	39.8206	45.2965	1228	18.7	9	25	0.7	7.8	микролиталь 10%; мезолиталь 20%; макролиталь 50%; мегалиталь 20%

Табл. 2. Баллы BMWP и экологический статус объекта.

Баллы BMWP	Экологический статус
> 150	Превосходный
101–150	Очень хороший
51–100	Хороший
26–50	Умеренный
< 25	Низкий

Табл. 3. Баллы ASPT и экологический статус объекта.

Баллы ASPT	Экологический статус
5+	Превосходный
4.5–4.9	Очень хороший
4.1–4.4	Хороший
3.6–4	Умеренный
3.1–3.5	Довольно низкий
2.1–3	Низкий
0–2	Очень низкий

## Результаты и обсуждение

Анализ качественных и количественных структур донных макробеспозвоночных (Табл. 4) выявил общую закономерность уменьшения разнообразия по направлению к участку нижнего течения реки (от Y1 до Y6), а также локальную закономерность снижения биоразнообразия на участках отбора проб выше плотин (Y3, Y5) по сравнению с участками ниже по течению. Такая закономерность изменений для горных ручьев, прегражденных плотинами, характерна не только для Армении (Asatryan and Dallakyan, 2015, 2018), но и во всем мире (Kamidis et al., 2021).

В общей сложности в ходе полевых исследований были зафиксированы представители 53 таксонов из 42 семейств, что на 5 семейств и 14 таксонов больше, чем в 2012 г. (Asatryan and Dallakyan, 2021). Учитывая большее количество станций пробоотбора по сравнению с 2012 г., можно утверждать, что скрытое разнообразие донных макробеспозвоночных в бассейне выше; таким образом, список видов для определения фоновых/наилучших доступных условий еще неполон. Вместе с тем в 2022 г. нами не были зарегистрированы двукрылые семейств Ceratopogonidae, Empididae и Pediciidae, гастроподы Planorbidae, стрекозы, веснянки Perlodidae и ручейники Polycentropodidae. Если в случае двукрылых это можно объяснить особенностями их жизненных циклов (вылет многих из них происходит в начале лета), то отсутствие Odonata или Perlodidae может быть следствием гидроморфологических изменений русла реки. С учетом отсутствующих таксонов общее разнообразие донных макробеспозвоночных за последнее десятилетие составит 61 таксономических единиц. Однако для улучшения гидробиологического мониторинга необходимы дальнейшие наблюдения и более полное определение видов, так как это увеличивает достоверность результатов оценки экологического состояния (Schmidt-Kloiber and Nijboer, 2004).

Структурные изменения в сообществе донных макробеспозвоночных вдоль градиента высот и местообитаний также очевидны. Ручейники имели наибольшее разнообразие на уровне се-

Табл. 4. Состав и численность донных макробеспозвоночных р. Ехегис в начале августа 2022 г.; \* – таксон не зарегистрирован в 2012 г.

Высшая систематическая категория	Семейство	Вид	Станция					
			Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Acariformes*	Hydrachnidae	Hydrachnidae gen. sp.	0	0	0	0	0	1
Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.	0	10	0	10	0	0
	Niphargidae*	<i>Niphargus</i> sp.	1	1	0	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Platambus lunulatus</i> (Fischer von Waldheim, 1829)	0	0	1	0	0	0
	Elmidae	Elmidae gen. sp.	100	110	0	4	9	4
	Hydraenidae*	<i>Hydraena</i> sp.	2	0	0	0	0	0
		<i>Ochtebius</i> sp.	0	0	0	0	1	0
Diptera	Athericidae	<i>Atherix</i> sp.	5	0	0	0	0	9
	Blephariceridae	<i>Blepharicera</i> sp.	8	0	0	7	14	0
	Chironomidae	Chironomidae gen. sp.	25	46	5	9	81	40
	Limoniidae	Limoniidae gen. sp.	0	0	0	0	0	0
	Muscidae*	Muscidae gen. sp.	0	1	0	5	6	0
	Pediciidae	<i>Dicranota</i> sp.	5	4	0	0	0	0
	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	445	97	209	0	11	73
	Tabanidae	<i>Tabanus</i> sp.	0	2	0	0	0	2
	Tipulidae*	<i>Tipula rufina</i> Meigen, 1818	0	1	0	1	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	40	237	23	35	176	118
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	0	0	0	1	0	1
	Ephemerellidae	<i>Seratella ignita</i> Poda, 1761	22	8	75	21	8	23
		<i>Ecdyonurus</i> sp.	2	61	1	3	0	0
	Heptageniidae	<i>Electrogena pseudaffinis</i> * (Braasch, 1980)	9	2	0	0	13	3
		<i>Epeorus</i> sp.*	36	5	0	31	0	11
		<i>Rhitrogena decolorata</i> * Sinitshenkova, 1973	22	0	0	0	0	0
Gastropoda	Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i> O.F.Müller, 1774	4	4	0	2	8	3
	Lymnaeidae	<i>Galba truncatula</i> * (O.F. Müller, 1774)	0	0	0	2	0	0
		<i>Radix</i> sp.*	0	0	4	4	7	0
Hemiptera	Corixidae*	<i>Corixa</i> sp.	0	1	0	0	0	0
	Gerridae*	<i>Limnoporus rufoscutellatus</i> (Latreille, 1807)	0	0	1	0	0	0
	Notonectidae*	<i>Notonecta viridis</i> Delcourt, 1909	0	0	1	0	0	0

Высшая систематическая категория	Семейство	Вид	Станция						
			Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	
Hirudinea	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i> sp.	0	0	6	0	0	1	
Isopoda	Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	1	0	0	0	
Oligochaeta	Lumbricidae	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	0	0	0	12	0	0	
Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i> sp.	0	2	0	0	1	0	
	Nemouridae*	<i>Protonemura</i> sp.	1	5	0	0	0	0	
	Perlidae	<i>Perla</i> sp.	8	10	1	0	0	0	
Trichoptera	Apataniidae	<i>Apatania subtilis</i> Martynov, 1909	2	0	0	0	0	0	
	Brachycentridae	<i>Micrasema bifoliatum</i> Martynov, 1925	28	0	0	0	0	0	
	Glossosomatidae	<i>Agapetus</i> sp.	0	0	1	0	0	0	
		<i>Glossosoma</i> sp.	9	87	3	4	3	3	
	Hydropsyche	<i>Hydropsyche</i> sp.	51	26	1	10	112	72	
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila occulta</i> (Eaton, 1873)	0	0	0	0	0	8	
	Lepidostomatidae	<i>Dinarthrum</i> sp.	3	0	0	0	0	0	
		<i>Chaetopteryx</i> sp.	0	0	4	2	0	0	
	Limnephilidae	<i>Drusus caucasicus</i> Ulmer, 1907	9	0	0	0	0	0	
		<i>Halesus</i> sp.	10	0	0	0	0	0	
		<i>Limnephilus</i> sp.	0	2	0	0	0	0	
	Philopotamidae*	<i>Wormaldia subnigra</i> McLachlan, 1865	0	0	0	2	0	0	
		<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)	0	0	0	2	0	0	
	Psychomyiidae*	<i>Psychomyia pusilla schelkovnikovi</i> Martynov, 1925	0	0	0	1	0	26	
		<i>Lype</i> sp.	4	0	0	0	0	0	
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i> sp.	8	35	0	10	0	1	
	Sericostomatidae	<i>Sericostoma grusiense</i> Martynov, 1913	2	4	0	0	0	0	
	Tricladida	Dugesiidae	<i>Dugesia</i> sp.	2	0	0	0	0	0
	<b>Всего таксономических единиц</b>			<b>28</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>18</b>
	<b>Всего семейств</b>			<b>24</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
<b>% EPT</b>			<b>64</b>	<b>54</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>43</b>	<b>56</b>	
<b>% Diptera (без Blephariceridae)</b>			<b>14</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	
<b>BMWP</b>			<b>165</b>	<b>136</b>	<b>79</b>	<b>119</b>	<b>90</b>	<b>85</b>	
<b>ASPT</b>			<b>6.3</b>	<b>5.9</b>	<b>5.6</b>	<b>5.7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	

мейств (11) на станции Y1. Такое высокое разнообразие и преобладание ручейников нехарактерно ни для одного конкретного участка реки в Армении и в основном обусловлено особенностями субстрата и относительно низким уровнем загрязнения (Kalaninová et al., 2014).

На станции Y1 было зафиксировано как наибольшее разнообразие донных макробеспозвоночных (24 семейства), так и максимальная доля таксонов группы ЕРТ (64%), наиболее чувствительных к условиям окружающей среды. Экологическое состояние самого верхнего по течению реки и наименее затронутого створа было отличным (см. Табл. 4), подтверждая, что истоки р. Ехегис являются лучшими доступными участками для сбора данных и сравнения с другими реками того же типа в Араратской ТУРБ (Asatryan and Dallakyan, 2021). Учитывая, что ММИ очень чувствителен к выбору наилучших доступных или фоновых условий (Hering et al., 2006), контроль изменений на станции Y1 крайне важен для дальнейшего совершенствования инструментов гидробиологического мониторинга в Араратской ТУРБ.

Снижение разнообразия донных макробеспозвоночных и ухудшение экологического состояния вниз по течению, особенно рядом с плотинами, свидетельствует о воздействии сточных вод из населенных пунктов и о гидроморфологических изменениях, связанных с постройкой плотин. В горных районах Армении плотины для МГЭС обычно строят в узких ущельях для наполнения водоемов без затопления больших территорий. Влияние таких небольших плотин на скорость течения реки ограничено расстоянием 100 м по направлению к истоку, что приводит к некоторым гидроморфологическим изменениям русла реки на указанных участках и влияет на условия среды обитания донных макробеспозвоночных. Подобные негативные эффекты от плотин хорошо документированы и в других регионах (Quadroni et al., 2017).

Результаты нашего исследования согласуются с данными почти ежемесячного мониторинга гидрохимического состояния р. Ехегис, проводимого Центром гидрометеорологии и мониторинга Министерства окружающей среды РА (Surface waters, 2022). Его показания на участке нижнего течения реки демонстрируют колебания между третьей и четвертой категориями по пятибалльной шкале (наивысшее качество соответствует первой категории). Оценка основывается на национальных стандартах<sup>5</sup>; если хотя бы один из регулярно измеряемых гидрохимических параметров на участке отклоняется от стандарта определенного класса качества в течение года, качество воды этого участка признается несоответствующим данному классу в целом. Обычно это касается биогенов и некоторых микроэлементов: например, молибдена, имеющего геологическое происхождение. Однако структура донных макробеспозвоночных также хорошо отражает гидроморфологическую деградацию в бассейне.

Иерархический кластерный анализ исследуемых участков, основанный на структуре субстрата (Рис. 1), показывает, что группировка происходит на основе положения относительно плотин МГЭС. Исключение составляют участки Y5 и Y6, между которыми не обнаружено различий в условиях микросреды обитания. Указанные станции расположены в нескольких сотнях метров вверх и вниз по течению от плотины МГЭС, поэтому гидроморфологические изменения на них отсутствуют. Станции Y5 и Y6 находятся в корытообразной долине, где река выходит на участок нижнего течения. В этом сегменте реки наблюдается повышенное воздействие сброса необработанных бытовых сточных вод, что привело к большому покрытию *Cladophora* sp., меньшему разнообразию условий обитания и снижению численности олигосапробных видов донных макробеспозвоночных.

Хотя участок Y2 находится всего в нескольких сотнях метров вниз по течению от Y1, между ними располагается водозабор для МГЭС, повлиявший на разнообразие и структуру донных макробеспозвоночных. По сравнению с Y1, экологический статус по индексу BMWP на станции Y2 ухудшается на один класс, а доля таксонов ЕРТ снижается на 10%. Кроме того, на данном участке отсутствовали поденки рода *Rhithrogena* и половина родов ручейников, обнаруженных на Y1. Численность других чувствительных таксонов также уменьшилась.

Участки Y1 и Y2 имеют большую дисперсию в структуре субстрата по сравнению с парой станций Y2–Y4, которые расположены ниже плотины (Рис. 1). Максимальные отличия от других участков были обнаружены на станции Y3, расположенной в нескольких сотнях метров вверх по течению от плотины МГЭС. Это также отражается в структуре донных макробеспозвоночных: только на данном участке были найдены виды *Platambus lunulatus*, *Limnporus rufoscutellatus*, *Notonecta viridis*, *Asellus aquaticus* и *Agapetus* sp., типичные для стоячих водоемов. Здесь же было

<sup>5</sup> The RA Government Decree N75-N of 27 March 2011 "On the establishment of water quality standards for each water basin management area depending on the territory".

зафиксировано наибольшее ухудшение экологического состояния: хотя экологический статус характеризуется как хороший и не требует проведения мер по восстановлению экосистемы, по сравнению с Y1 значение индекса BMWP снизилось в два раза.

Таким образом, изменения как в морфометрических, так и в гидрофизических параметрах течения, а также в структуре микроместообитаний играют важную роль в вариации донных макробеспозвоночных в относительно малых горных ручьях ТУРБ.

Оценка различий состава сообществ донных макробеспозвоночных между станциями по индексу Сёрнсена–Дайса (Табл. 5) показала, что наибольшее совпадение наблюдается в верховьях, где влияние сброса сточных вод отсутствует либо очень слабое.

В целом сходство выше между станциями, которые расположены ближе друг к другу как территориально, так и по структуре субстрата. Исключение составляют пары участков Y2–Y4 и Y4–Y6, подвергающихся одинаковому гидроморфологическому воздействию.

## Выводы

Высокий уровень сходства таксономического разнообразия донных макробеспозвоночных р. Ехегис между 2012 и 2022 гг. подтверждает, что за минувшее десятилетие не произошло значительных изменений, связанных с воздействующими неблагоприятными факторами. Таким образом, мультиметрический индекс, разработанный на основе результатов начального исследования, все еще может применяться для обновленного ПУРБ, а гидробиологическая система мониторинга может более активно использовать его при оценке экологического состояния. В то же время результаты подтверждают недостаточность данных для всеобщей оценки эталонных условий для Араратской ТУРБ. Указанные пробелы в последующем должны быть восполнены более детальными исследованиями.

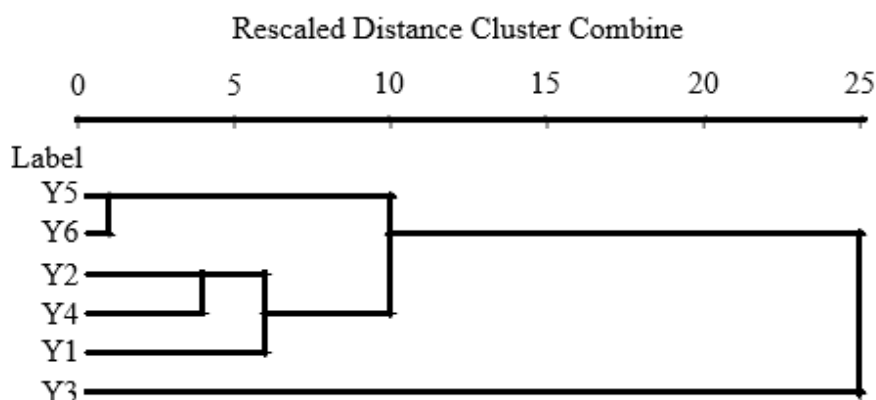


Рис. 1. Дендрограмма исследуемых участков.

Табл. 5. Сходство таксономического состава донных макробеспозвоночных по индексу Сёрнсена–Дайса.

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
Y1	1					
Y2	0.65	1				
Y3	0.36	0.39	1			
Y4	0.44	0.57	0.41	1		
Y5	0.48	0.58	0.45	0.56	1	
Y6	0.52	0.57	0.40	0.55	0.56	1

## Список литературы

- Иванов, В.Д., Григоренко, В.Н., Арефина, Т.И., 2001. Trichoptera. В: Цалолихин, С.Я. (ред.), *Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий*. Наука, Санкт Петербург, Россия, 1–825.
- Кутикова, Л.А., Старобогатов, Я.И., 1977. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Гидрометеоиздат, Ленинград, СССР, 513 с.
- Семенченко, В.П., Разлуцкий, В.И., 2010. Экологическое качество поверхностных вод. Белорусская наука, Минск, Беларусь, 329 с.
- Arman, N.Z., Salmiati, S., Said, M.I.M., Aris, A., 2019. Development of macroinvertebrate-based multimetric index and establishment of biocriteria for river health assessment in Malaysia. *Ecological Indicators* **104**, 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.060>
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T., 1983. The performance of a new biological water quality scores system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Resources* **17**, 333–347. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(83\)90188-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90188-4)
- Asatryan, V.L., Dallakyan, M.R., 2015. Development of the initial multimetric index for the assessment of ecological state of lake Sevan (Armenia) basin rivers. *Proceedings of the IWA 7th Eastern European Young Water Professionals Conference*. Belgrade, Serbia, 19–28.
- Asatryan, V.L., Dallakyan, M.R., 2018. Assessment of seasonal differences of ecological state of lotic ecosystems and applicability of some biotic indices in the Basin of Lake Sevan (Armenia): case study of Masrik River. *Water Science and Technology: Water Supply* **19** (4), 1238–1245. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.182>
- Asatryan, V., Dallakyan, M., 2021. The baseline rapid biological assessment of the ecological status of the Debed River system (Armenia). *Electronic Journal of Natural Sciences of NAS RA* **1** (36), 14–26.
- Asatryan, V., Dallakyan, M., Vardanyan, T., Barseghyan, N., Gabrielyan, B., 2020. An integrative evaluation of suitability of a river for natural reproduction of trout of Lake Sevan (Armenia). *Environmental Science and Pollution Research* **27** (6), 6352–6361. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07151-1>
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B., 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2<sup>nd</sup> edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., USA, 337 p.
- Bikashvili, A., Kachlishvili, N., Japoshvili, B. Mumladze, L., 2022. Species diversity and DNA barcode library of freshwater Molluscs of South Caucasus. *Biodiversity Data Journal* **10**, e84887.
- Birk, S., Wendy, B., Angel, B., Sandra, B., Anne, C. et al., 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* **18**, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.10.009>
- Gevorgyan, G., Hayrapetyan, A., Mamyan, A. Gabrielyan, B., 2017. Hydroecological risk assessment of small hydropower plants operation in Armenia (based on example of the Vardenis, Karchaghbyur and Arpa Rivers). *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* **11**(5), 59–67.
- Hambaryan, L., Gevorgyan, G., 2019. Investigations of formation of phytoplankton community in the Arpa river (Armenia) and its main tributaries. *Proceedings of the Yerevan State University. Chemistry and Biology* **53** (1), 46–52.
- Hering, D., Feld, C.K., Moog, O., Ofenbock, Th., 2006. Cook book for the development of a Multimetric Index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and

- STAR projects and related initiatives. *Hydrobiologia* **566**, 311–324. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0087-2>
- Hrivniak, L., Sroka, P., Godunko, R.J., Palatov, D., Polášek, M., Manko, P., Oboňa, J., 2018. Diversity of Armenian mayflies (Ephemeroptera) with the description of a new species of the genus *Ecdyonurus* (Heptageniidae). *Zootaxa* **4500** (2), 195–221.
- Kalaninová, D., Bulánková, E., Šporka, F., 2014. Caddisflies (Trichoptera) as good indicators of environmental stress in mountain lotic ecosystems. *Biologia* **69**, 1030–1045. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0405-5>
- Kamidis, N., Koutrakis, E., Sapounidis, A., Sylaios, G., 2021. Impact of river damming on downstream hydrology and hydrochemistry: the case of lower Nestos Rver catchment (NE. Greece). *Water* **13** (20), 2832. <https://doi.org/10.3390/w13202832>
- Leeds-Harrison, P.B., Quinton, J.N., Walker, M.J., Harrison, K.S., Gowing, D.G., 1996. Buffer zones in headwater catchments. Report on MAFF. English Nature Buffer Zone Project CSA2285, Cranfield University, Silsoe, UK.
- Loucks, D.P., van Beek, E., 2017. Water resources planning and management: an overview. In: *Water resource systems planning and management*. Springer, Cham, Germany, 635 p.
- Ndatimana, G., Nantege, D., Arimoro, F.O., 2023. A review of the application of the macroinvertebrate-based multimetric indices (MMIs) for water quality monitoring in lakes. *Environmental Science and Pollution Research* **30**, 73098–73115. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27559-0>
- Peluso, J., Pérez Coll, C.S., Cristos, D., Rojas, D.E., Aronzon, C.M., 2021. Comprehensive assessment of water quality through different approaches: Physicochemical and ecotoxicological parameters. *Science of The Total Environment* **800**, 149510. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149510>
- Quadroni, S., Crosa, G., Gentili, G., Espa, P., 2017. Response of stream benthic macroinvertebrates to current water management in Alpine catchments massively developed for hydropower. *Science of The Total Environment* **609**, 484–496. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.099>
- Schmidt-Kloiber, A., Nijboer, R.C., 2004. The effect of taxonomic resolution on the assessment of ecological water quality classes. *Hydrobiologia* **516**, 269–283. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000025270.10807.10>
- Sørensen, T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab* **5** (4), 1–34.
- Surface waters, 2022. The quarterly report on the water quality of streams and lakes in river basin management areas of Armenia. Интернет-ресурс. URL: [http://www.armmonitoring.am/public/admin/ckfinder/userfiles/files/mak\\_jur/eramsyak/ground-3.pdf](http://www.armmonitoring.am/public/admin/ckfinder/userfiles/files/mak_jur/eramsyak/ground-3.pdf) (accessed: 16.01.2024) (In Armenian).
- Waringer, J., Graf, W., 2011. Atlas of Central European Trichoptera Larvae.: Eric Mauch Verlag, Dinkelscherben, Germany, 468 p.
- Wright, J., Furse, M., Armitage, P., 1993. RIVPACS – a technique for evaluating the biological quality of rivers in the UK. *European Water Pollution Control* **3** (4), 15–25.
- Yan, T., Shen, Sh., Zhou, A., 2022. Indices and models of surface water quality assessment: Review and perspectives. *Environmental Pollution* **308**, 119611. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119611>

## References

- Arman, N.Z., Salmiati, S., Said, M.I.M., Aris, A., 2019. Development of macroinvertebrate-based multimetric index and establishment of biocriteria for river health assessment in Malaysia. *Ecological Indicators* **104**, 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.060>
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F., Furse, M.T., 1983. The performance of a new biological water quality scores system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Resources* **17**, 333–347. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(83\)90188-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90188-4)
- Asatryan, V.L., Dallakyan, M.R., 2015. Development of the initial multimetric index for the assessment of ecological state of lake Sevan (Armenia) basin rivers. *Proceedings of the IWA 7th Eastern European Young Water Professionals Conference*. Belgrade, Serbia, 19–28.
- Asatryan, V.L., Dallakyan, M.R., 2018. Assessment of seasonal differences of ecological state of lotic ecosystems and applicability of some biotic indices in the Basin of Lake Sevan (Armenia): case study of Masrik River. *Water Science and Technology: Water Supply* **19** (4), 1238–1245. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.182>
- Asatryan, V., Dallakyan, M., 2021. The baseline rapid biological assessment of the ecological status of the Debed River system (Armenia). *Electronic Journal of Natural Sciences of NAS RA* **1** (36), 14–26.
- Asatryan, V., Dallakyan, M., Vardanyan, T., Barseghyan, N., Gabrielyan, B., 2020. An integrative evaluation of suitability of a river for natural reproduction of trout of Lake Sevan (Armenia). *Environmental Science and Pollution Research* **27** (6), 6352–6361. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07151-1>
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B., 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2<sup>nd</sup> edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C., USA, 337 p.
- Bikashvili, A., Kachlishvili, N., Japoshvili, B., Mumladze, L., 2022. Species diversity and DNA barcode library of freshwater Molluscs of South Caucasus. *Biodiversity Data Journal* **10**, e84887.
- Birk, S., Wendy, B., Angel, B., Sandra, B., Anne, C. et al., 2012. Three hundred ways to assess Europe's surface waters: An almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive. *Ecological Indicators* **18**, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.10.009>
- Gevorgyan, G., Hayrapetyan, A., Mamyan, A., Gabrielyan, B., 2017. Hydroecological risk assessment of small hydropower plants operation in Armenia (based on example of the Vardenis, Karchaghbyur and Arpa Rivers). *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* **11**(5), 59–67.
- Hambaryan, L., Gevorgyan, G., 2019. Investigations of formation of phytoplankton community in the Arpa river (Armenia) and its main tributaries. *Proceedings of the Yerevan State University. Chemistry and Biology* **53** (1), 46–52.
- Hering, D., Feld, C.K., Moog, O., Ofenbock, Th., 2006. Cook book for the development of a Multimetric Index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives. *Hydrobiologia* **566**, 311–324. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0087-2>
- Hrivniak, L., Sroka, P., Godunko, R.J., Palatov, D., Polášek, M., Manko, P., Oboňa, J., 2018. Diversity of Armenian mayflies (Ephemeroptera) with the description of a new species of the genus *Ecdyonurus* (Heptageniidae). *Zootaxa* **4500** (2), 195–221.
- Ivanov, V.D., Grigorenko, V.N., Arefina, T.I., 2001. Trichoptera. In: Tsalolokhin, S.Ya. (ed.), *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii [Key for freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]*. Nauka, St. Petersburg, Russia, 1–825. (In Russian).

- Kalaninová, D., Bulánková, E., Šporka, F., 2014. Caddisflies (Trichoptera) as good indicators of environmental stress in mountain lotic ecosystems. *Biologia* **69**, 1030–1045. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0405-5>
- Kamidis, N., Koutrakis, E., Sapounidis, A., Sylaios, G., 2021. Impact of river damming on downstream hydrology and hydrochemistry: the case of lower Nestos Rver catchment (NE. Greece). *Water* **13** (20), 2832. <https://doi.org/10.3390/w13202832>
- Kutikova, L.A., Starobogatov, Y.I., 1977. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR (plankton i bentos)* [Key to freshwater invertebrates of European part of USSR]. Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR, 513 p. (In Russian).
- Leeds-Harrison, P.B., Quinton, J.N., Walker, M.J., Harrison, K.S., Gowing, D.G., 1996. Buffer zones in headwater catchments. Report on MAFF. English Nature Buffer Zone Project CSA2285, Cranfield University, Silsoe, UK.
- Loucks, D.P., van Beek, E., 2017. Water resources planning and management: an overview. In: *Water resource systems planning and management*. Springer, Cham, Germany, 635 p.
- Ndatimana, G., Nantege, D., Arimoro, F.O., 2023. A review of the application of the macroinvertebrate-based multimetric indices (MMIs) for water quality monitoring in lakes. *Environmental Science and Pollution Research* **30**, 73098–73115. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27559-0>
- Peluso, J., Pérez Coll, C.S., Cristos, D., Rojas, D.E., Aronzon, C.M., 2021. Comprehensive assessment of water quality through different approaches: Physicochemical and ecotoxicological parameters. *Science of The Total Environment* **800**, 149510. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149510>
- Quadroni, S., Crosa, G., Gentili, G., Espa, P., 2017. Response of stream benthic macroinvertebrates to current water management in Alpine catchments massively developed for hydropower. *Science of The Total Environment* **609**, 484–496. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.099>
- Schmidt-Kloiber, A., Nijboer, R.C., 2004. The effect of taxonomic resolution on the assessment of ecological water quality classes. *Hydrobiologia* **516**, 269–283. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000025270.10807.10>
- Semenchenko, V.P., Razlutskiy, V.I., 2010. *Ekologicheskoe kachestvo poverkhnostnykh vod* [Ecological quality of surface water]. Belaruskaya Navuka, Minsk, Belarus, 328 p. (In Russian).
- Sørensen, T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskab* **5** (4), 1–34.
- Surface waters, 2022. The quarterly report on the water quality of streams and lakes in river basin management areas of Armenia. Интернет-ресурс. URL: [http://www.armmonitoring.am/public/admin/ckfinder/userfiles/files/mak\\_jur/eramsyak/ground-3.pdf](http://www.armmonitoring.am/public/admin/ckfinder/userfiles/files/mak_jur/eramsyak/ground-3.pdf) (accessed: 16.01.2024) (In Armenian).
- Waringer, J., Graf, W., 2011. *Atlas of Central European Trichoptera Larvae*.: Eric Mauch Verlag, Dinkelscherben, Germany, 468 p.
- Wright, J., Furse, M., Armitage, P., 1993. RIVPACS – a technique for evaluating the biological quality of rivers in the UK. *European Water Pollution Control* **3** (4), 15–25.
- Yan, T., Shen, Sh., Zhou, A., 2022. Indices and models of surface water quality assessment: Review and perspectives. *Environmental Pollution* **308**, 119611. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119611>