



Биолог. журн. Армении, 4 (73), 2021

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ЭКОСИСТЕМЫ ГОРНЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ АРПА, АРМЕНИЯ)

С.А. АКОПЯН¹, К.Г. ДЖЕНДЕРЕДЖЯН², Г.А. ГЕВОРГЯН¹,
Г.Ф. МЕЛКОНЯН¹

¹Институт гидроэкологии и ихтиологии
Научного центра зоологии и гидроэкологии НАН РА
susannahakob@gmail.com

²Министерство окружающей среды Республики Армения
karen.jenderedjian@env.am

На основе состояния сообщества макрозообентоса была проведена оценка воздействия малых гидроэлектростанций (МГЭС) на экосистемы водосборного бассейна р. Арпа. Изменения структуры сообщества бентосных беспозвоночных во всех изученных реках в основном выражены в участках от водозабора для МГЭС до места сброса отработавшей воды. Наряду с изменениями расхода воды и скорости течения реки, влияние загрязнения реки от близлежащих населенных пунктов усиливается. Степень изменения структуры зообентоса и всей гидроэкосистемы прямо пропорциональна объему водозабора и не очень высока, в случае наличия притоков реки в отрезке после водозабора. Значительное изменение качественных и количественных показателей зообентоса зарегистрировано только в реке Арпа в участке после водозабора для МГЭС “Арпа”. Была отмечена высокая корреляция между индексом разнообразия Шеннона-Винера и гидрологическими показателями, а также между индексом разнообразия и показателями органического загрязнения реки.

Река Арпа – водосборный бассейн – малые гидроэлектростанции- сообщество зообентоса – индекс разнообразия

Սակրոգոթեթյանի համակեցության վիճակի հիման վրա գնահատվել է փոքր հիդրոէլեկտրակայանների (ՓՀԷԿ-ի) ազդեցությունը Արփա գետի գետավազանի էկոհամակարգերի վրա: Բոլոր ուսումնասիրված գետերում բենթոսային անողնաշարավոր կենդանիների համակեցության կառուցվածքի փոփոխությունները հիմնականում արտահայտված են ՓՀԷԿ-ի ջրառից մինչև ջրթափի հատվածը: Գետերի ջրի ծախսի և հոսքի արագության փոփոխությունների հետ մեկտեղ աճում է մոտակա բնակավայրերից գետերի աղտոտման ազդեցությունը: Չողբենտոսի և ամբողջ հիդրոէկոհամակարգի կառուցվածքի փոփոխության աստիճանն ուղիղ համեմատական է ջրառի ծավալին և շատ բարձր է ջրառից հետո գետի հատվածում վտակների առկայության դեպքում: Չողբենտոսների որակական և քանակական ցուցանիշների եական փոփոխություն է գրանցվել միայն Արփա գետում՝ Արփա ՓՀԷԿ-ի ջրառից հետո ընկած հատվածում: Բարձր հարաբերակցություն է նկատվել Շենոն-Վիներ բազմազանության ինդեքսի և հիդրոլոգիական ցուցանիշների, ինչպես նաև գետի օրգանական աղտոտման և բազմազանության ինդեքսի ցուցանիշների միջև:

Արփա գետ – ջրահեռացման ավազան – փոքր հիդրոէլեկտրակայաններ – Չողբենտոսի համակեցություն – բազմազանության ինդեքս

Based on the state of the macrozoobenthos community, an assessment was made of the impact of small hydroelectric power plants (SHPPs) on the ecosystems of the basin of river Arpa. Changes in the benthic invertebrate's community structure in all studied rivers were mostly expressed in areas from water intake for SHPP until the area of flow return to the river. Along with the river discharge and flow velocity, pollution effects from nearby settlements to the river are increasing. The degree of the change in the structure of zoobenthos and the whole hydroecosystem is directly proportional to the volume of water intake and not very high, in case of the presence of tributaries in this part of the river. A significant change in the qualitative and quantitative parameters of the zoobenthos was registered only in the part of the Arpa river after water intake for SHPP "Arpa". High correlation was noted between the Shannon-Wiener diversity index and hydrological parameters and between diversity index and the indicators of organic pollution.

Arpa River – catchment basin – Small Hydropower Plants – zoobenthos community – diversity index

В Армении строительство малых ГЭС (МГЭС) является одним из ведущих направлений развития сектора возобновляемых источников энергии. МГЭС производят 19–20 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии и темпы строительства МГЭС с каждым годом увеличиваются. Так, если в 2016 г. в Армении функционировали 173 МГЭС, то в 2019 г. их число возросло до 188. Из них на 150 МГЭС были выявлены нарушения, как в конструкциях, так и в объемах водозабора. В 2018 г. решением правительства Армении были утверждены критерии оценки воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации малых гидроэлектростанций. Однако в данном документе критерием определена 40 %-ная или более загруженность рек деривационными трубами, хотя установлено, что уже при 20 % речная экосистема становится напряженной [6].

Река Арпа и ее притоки, в числе многих рек Армении, находятся под сильным антропогенным прессом вследствие развития гидроэнергетики. Неправильные проектные гидроэкономические оценки также являются серьезными проблемами в отношении защиты водных экосистем. Изменения гидрохимических показателей реки, гидрологического режима стока, гидроморфологических и биологических показателей реки приводят к потере местообитаний, созданию физических барьеров на пути мигрирующих рыб, изменению качественных и количественных показателей донных беспозвоночных, рыб, водной растительности [4, 7, 10, 17, 18].

Наиболее распространенным и эффективным методом оценки экологического состояния рек является анализ гидрологических и биотических показателей. Структурно-функциональные показатели сообществ донных беспозвоночных наиболее информативные и надежные индикаторы экологического состояния водотоков. В связи с достаточной продолжительностью развития донных беспозвоночных и их оседлым образом жизни, именно зообентос наиболее объективно характеризует как экологическое состояние водотока в целом, так и состояние конкретных его участков [1, 3].

Цель настоящего исследования – оценка влияния эксплуатации МГЭС на экосистему малых рек на примере бассейна р. Арпа на основе структурно-функциональных показателей макрозообентоса и их сравнения с гидрофизическими и гидрохимическими показателями.

Материал и методика. Река Арпа – горная река, берущая начало на северо-западе Арцахского плато на высоте 3200 м. Питание реки поверхностными водами. Длина реки составляет 128 км (92 км в Армении), площадь водосбора около 2600 км² (2080 км² в Армении). На территории Азербайджана впадает в р. Аракс. Среднегодовой расход воды –

21,6 м³/с (с. Арени). Воды реки используются для ирригации и гидроэнергетики. Исследование влияния МГЭС на экосистему реки были проведены на "Джермукской ГЭС-2", "Арпа ГЭС" и "Арени ГЭС".

"Джермукская ГЭС-2" (мощность 2.35 МВт) расположена в верхнем течении реки Арпа на территории Джермукского гидрологического заказника. "Арпа ГЭС" (мощность - 2622 МВт) расположена в среднем течении реки. Ниже по течению расположена "Арени ГЭС" (мощность – 0.93 МВт).

Река Гергер – правый приток реки Арпа берет начало на склоне Ехегнадзорского отрога на высоте 2020 м над уровнем моря. Протяжённость реки – 15 км, площадь водосбора – 174 км². Питание реки смешанное, половодье в мае. Среднегодовой расход воды составляет 1.89 м³/с. МГЭС "Гергер-1" (мощность – 1.608 МВт) расположена в верхнем течении реки Гергер на территории одноименного села.

Река Ехегис также является правым притоком реки Арпа. Берёт начало на склоне горы Варденис, на высоте более 3200 м. Длина реки составляет 47 км, а площадь водосбора – 516 км². Питание реки тальными и подземными водами, половодье в марте-июне. Среднегодовой расход воды – 8.2 м³/с. МГЭС "Ехег" (мощность – 1,9 МВт) расположена в нижнем течении реки Ехегис.

Сбор материала проводился в мае, июле и ноябре 2016 г. и в апреле и августе 2017 г. на 13 станциях, расположенных выше и ниже зоны воздействия МГЭС на р. Арпа и ее притоках – Гергер и Ехегис (табл. 1, рис.1). Количественные образцы зообентоса получены с применением специального "пробоотборника" с площадью захвата 0.1 м². С каждой станции отбиралось по 5-7 проб. Грунт вместе с организмами отмывался в сите от мелких фракций грунта и фиксировался 70 % этанолом [13]. В лаборатории животные сортировались по таксономическим группам. На основе полученных результатов рассчитывался индекс видового разнообразия Шенона-Виннера [14], биотический индекс Гильзенхоффа (Modified Hilsenhoff Biotic Index), основанный на количественных показателях и значениях толерантности (по шкале от 0 до 10) таксонов к органическому загрязнению [12].

Параллельно на каждой станции измеряли скорость течения и расход воды, ее температуру, электропроводность, pH, концентрацию минерального азота, фосфора, растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), Коли-индекс, а также собирали данные о рыбном населении р. Арпа и ее притоков [8].

Таблица 1. Координаты исследованных станций на р. Арпа и ее притоках

№ станции		Северная широта	Южная долгота	Расположение станций отбора проб
J-1	1	39°52'17.4"	45°42'54.9"	р. Арпа, участок до водозабора "Джермукской ГЭС-2"
J-2	2	39°52'06.4"	45°42'38.9"	р. Арпа, участок после водозабора "Джермукской ГЭС-2"
Z-1	3	39°41'33.0"	45°27'06.6"	р. Арпа, участок до "Арпа ГЭС"
Z-2	4	39°42'54.4"	45°24'53.5"	р. Арпа, участок после водозабора "Арпа ГЭС"
A-1	5	39°43'55.8"	45°12'02.8"	р. Арпа, участок до МГЭС "Арени ГЭС"
A-2	6	39°43'49.4"	45°11'50.3"	р. Арпа, участок после водозабора "Арени ГЭС"
A-3	7	39°43'31.9"	45°11'22.6"	р. Арпа, участок после сброса отработанной воды "Арени ГЭС"
H-1	8	39°48'50.6"	45°32'08.6"	р. Гергер, участок до МГЭС "Гергер-1"
H-2	9	39°47'41.0"	45°32'20.0"	р. Гергер, участок после водозабора МГЭС "Гергер-1"
H-3	10	39°47'37.7"	45°32'23.1"	р. Гергер, участок после сброса отработанной воды МГЭС "Гергер-1"
E-1	11	39°54'09.1"	45°29'41.9"	р. Ехегис, участок до первой МГЭС
E-2	12	39°47'34.0"	45°18'19.5"	р. Ехегис, участок после водозабора последней по течению МГЭС
E-3	13	39°46'12.4"	45°18'31.0"	р. Ехегис, участок после сброса отработанной воды последней по течению МГЭС

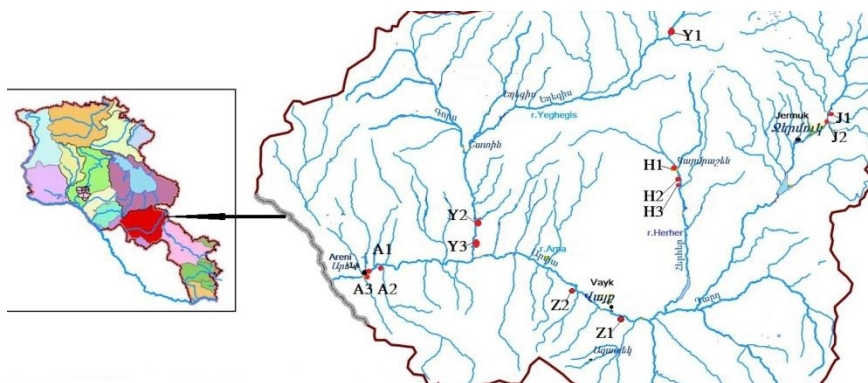


Рис. 1. Станции сборов проб в бассейне р. Арпа.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования теплового режима (табл. 2) показали, что температура воды на участках после водозабора для МГЭС, возросла (станции J- 2, Z-2, A-2, H-2, E-2), по сравнению с участками до водозабора (станции J- 1, Z-1, A-1, H-1, E-1), что является следствием уменьшения скорости течения и расхода воды (табл. 2). После сброса отработанной воды (станции A-3, H-3, E-3) температура воды снова понижается. Повышение температуры воды на участках после водозабора для МГЭС в основном не достигают значений, которые могут привести к негативным изменениям в гидроекосистеме. Однако в июле 2016г., на станции Z-2 (после водозабора для МГЭС Арпа) была отмечена необычно высокая для данного участка реки температура воды (21.4°C), что привело к бурному развитию перифитона.

Изменения скорости течения и расхода воды в зависимости от времени года и объема водозабора колебались в широких пределах. Коэффициент корреляции между температурой воды и скоростью течения в среднем течении р. Арпа составил в июле 2016г. -0.90 и -0.54 для притоков Гергер и Ехегис, а в августе 2017 г. -0.92 для р. Арпа и -0.56 для притоков Гергер и Ехегис. Расчет доверительных интервалов средних значений расхода воды в районе водозаборов были равны и даже превосходили средние значения. Данный факт свидетельствует о превосходящих санитарный и экологический сток объемах забираемой для ГЭС воды в период межени.

Колебания значений БПК₅ речной воды в участках после водозабора также были выше, чем до водозабора и после сброса отработанной воды (табл.2). По химическим показателям содержание минерального азота и фосфора имеет выраженную тенденцию к увеличению на всех участках после водозабора из-за более низкой степени разбавления загрязняющих веществ (табл.2). Однако ниже по течению, после сброса отработанной воды для ГЭС, концентрации азота и фосфора изменяются как в сторону увеличения, так и уменьшения (табл.2), что связано с наличием населенных пунктов в нижнем течении реки, а также объемов сброса отработанной воды [8].

В ходе гидробиологических исследований в составе зообентоса было обнаружено 78 видов и таксонов более высокого ранга, принадлежащих 47 семействам (табл. 3). В верхнем течении реки Арпа и притоков Гергер и Ехегис встречаются представители 5 семейств веснянок, в том числе виды *Chloroperla zhiltzovae*, *Amphinemura mirabilis* и *Perla pallida* и поденка (*Epeorus (Caucasiron) caucasicus*), распространенные в Кавказском регионе и Малой Азии. Все указанные виды относятся к родам, имеющим низкую толерантность к загрязнению, и являющимися

индикаторами органического загрязнения [12]. В бассейне реки высокое разнообразие ручейников (Trichoptera) – 18 видов, относящиеся к 11 семействам, многие из которых также имеют низкую толерантность к органическому загрязнению.

В истоке р. Арпа (J-1) отмечены редкие, обычно обитающие в подземных водах, безглазые амфиподы стигофилы¹ (*Niphargus abricosovi*), распространенные в восточной части Армянского нагорья [5]. Три вида стрекоз, обнаруженных в бассейне р. Арпа, имеют статус видов Наименьшего опасения (Least Concern) Красного Списка МСОП (IUCN Red List).



Рис.1. Изменения количества таксонов в реках бассейна реки Арпа



Рис.2. Изменения показателя индекса разнообразия Шеннона-Винера (H_N) в реках бассейна реки Арпа

Численность зообентоса колебалась в широких пределах в зависимости от сезонных изменений расхода воды, скорости течения, а также в зависимости от объемов водозабора для МГЭС и особенностей циклов развития амфибионтных беспозвоночных (табл.2).

Более наглядно влияние МГЭС на экосистему реки отражают изменения количества таксонов и показателя индекса разнообразия Шеннона-Винера (H_N) сообщества зообентоса (рис.2, 3).

Для сравнения видового разнообразия зообентоса в зонах выше, ниже водозаборов и сбросов был также использован коэффициент Серенсена-Чекановского (рис.4) [15].

¹ животные, обитающие в подземных водах, но способные жить и в поверхностных водах

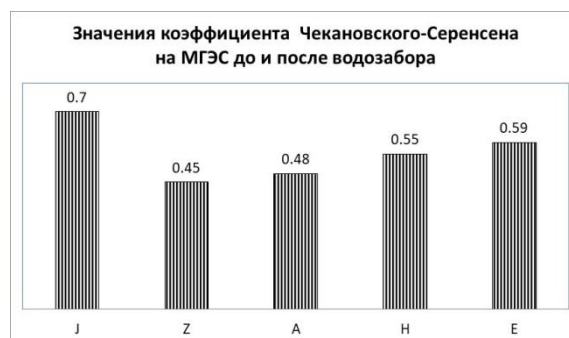


Рис.4. Значения коэффициента общности Чекановского-Серенсена для станций до и после водозабора

Наиболее высоким значение коэффициента сходства Серенсена-Чекановского среди исследованных станций было на Джермукской МГЭС – 0.7, что показывает небольшое изменение в видовом составе зообентоса.

В районе “Арпа ГЭС” река Арпа загрязняется сточными водами г. Вайк и близлежащих сел. Кроме того, в результате превышения объема водозабора, экологический сток в реке вместо $1.25 \text{ м}^3/\text{с}$, установленного разрешением на водопользование, снизился до $1.12 \text{ м}^3/\text{с}$ в июле и до $0.63 \text{ м}^3/\text{с}$ в ноябре 2016 года. Несоблюдение установленного объема стока негативно отражается на условиях обитания донных беспозвоночных. Коэффициент сходства до и после водозабора для “Арпа ГЭС” был низким (0.45). На станции после водозабора (Z-2) наблюдалось снижение численности и количества таксонов (на 20 видов) по сравнению со станцией до водозабора (Z-1), а значения индекса разнообразия зообентоса в некоторые месяцы сократились на 1.2 единиц (рис. 2, 3).

В среднем течении реки Арпа Станция до водозабора для МГЭС Арени (A-1) по берегам реки расположены многочисленные объекты общественного питания, загрязняющие реку. Дно реки на этом участке было заилено. В зависимости от уровня загрязнения и сезона численность зообентоса на станциях A-1 и A-2 колебалась в довольно широких пределах (табл.2). Количество таксонов на станции после водозабора (A-2) была ниже на 13 видов, чем на станции A-1, а значения индекса разнообразия ниже на 0.7 единиц (рис.2, 3). Коэффициент сходства до (A-1) и после водозабора (A-2) был сравнительно низким (0,5).

Исследование зообентоса притоков реки Арпа – Гергер и Ехегис показывает схожую картину изменений количества таксонов и индекса разнообразия. В реке Гергер высокий индекс сходства наблюдался между станциями до и после водозабора (0.6), а в реке Ехегис между станциями до и после водозабора (0.6).

Таким образом, для всех исследованных участков рек выше водозаборов МГЭС характерны сравнительно высокие значения индекса Шеннона–Винера, которые уменьшаются на участках ниже водозабора (табл. 2; рис. 4). Степень увеличения значений индекса разнообразия после сбросов отработанной воды различна, в зависимости от объемов водозабора и уровня загрязнения реки стоками близлежащих населенных пунктов. Полученные нами значения индекса разнообразия дает наилучшую возможность оценить степень влияния МГЭС на речные экосистемы.

На основании количественных показателей и значений толерантности к органическому загрязнению был рассчитан модифицированный биотический индекс Гильзенхоффа (Modified Hilsenhoff Biotic Index) [12]. Согласно значениям биотического индекса (МНБИ), наиболее высокое качество воды (I и II класса), было отмечено до водозабора для МГЭС в контрольных участках рек Ехегис и Гергер.

На контрольном участке верхнего течения реки Арпа качество воды колебалось в пределах от очень хорошего (II класс) до хорошего качества (III класс).

Далее по течению после забора воды для ГЭС в зависимости от объемов водозабора происходит увеличение от одного до двух классов сапробности или степени органического загрязнения реки, как было отмечено в 2016 году на станциях J-2, Z-2, H-2 и Y-2.

Река Арпа в районе Арени ГЭС многоводна и влияние водозабора на качество воды, согласно биотическому индексу, была незначительна.

Таблица 2. Средние значения гидрологических, гидрохимических, физических и биологических показателей в исследованных участках рек в 2016–2017 гг.

МГЭС	Станции	Макрозообентос, экз./м ²	Макрозообентос, кол.-во таксонов	Индекс Шеннона-Винера	Биотический индекс	Скорость течения, м/с	Расход воды, м ³ /с	Температура, °C	Электропроводность воды (мкСм/см)	pH	Минеральный азот, мг/л	Минеральный фосфор, мг/л	Оxygen, мг/л	БПК ₅ , мг/л
J	1	526	15	2.9	4.4	1.4	6.9	8.9	68	7.1	0.79	0.72	9.1	1.8
	2	1000	11	2.6	4.9	0.4	0.5	11.4	84	7.5	2.07	1.69	8.5	1.8
Z	1	1578	17	2.6	6.4	1.2	9.6	12.3	288	8	1.08	0.57	9.8	2.4
	2	820	11	1.9	7.4	0.7	3.6	13.9	493	7.9	1.97	0.62	8.9	2.7
A	1	1703	12	2.2	6.0	1.2	15.2	13.5	386	8.6	2.11	0.58	9.7	2.5
	2	435	7	1.5	5.9	0.8	9.2	13.8	376	8.4	2.25	0.7	9.5	2.4
	3	136	12	2.8	5.8	1.1	14	14.1	395	8.6	2.01	0.69	9.5	2.7
H	1	551	17	3.4	3.2	0.7	0.5	16.8	94	7.8	0.47	0.21	8.1	2.1
	2	972	16	2.5	4.3	0.5	0.4	14.1	126	8	1.54	0.96	8.2	2.2
	3	573	15	2.7	4.2	0.9	1.4	14.7	105	8.2	1.31	1.14	8.1	2.2
Y	1	974	20	3.2	3.1	0.8	3	8.9	144	8.3	1.04	0.59	9.4	1.9
	2	334	11	2.2	4.7	1.1	6.5	12.7	294	8.6	2.12	0.74	9.9	2.6
	3	1058	12	2.4	4.9	1.4	12.7	12.2	280	8.5	2.16	0.79	9.7	2.5

Отрицательное влияние неуправляемой эксплуатации МГЭС в речных экосистемах Армении подтверждается также исследованиями изменений количественного и качественного состава фито- и зоопланктона в условиях отсутствия экологического стока в реках Варденис, Карчагбюр и Арпа [9]. Неправильные конструкции рыбопропускных сооружений блокируют миграцию рыб, препятствуя их естественному воспроизводству.

Выводы

- Бассейн реки Арпа отличается высоким разнообразием видов донных беспозвоночных животных, среди которых отмечены редкие, нуждающиеся в охране виды.
- Неуправляемая эксплуатация МГЭС и превышение объемов экологического стока в речных экосистемах Армении приводит к многочисленным отрицательным экологическим и социальным последствиям: эвтрофирование реки и, как следствие, ухудшение качества воды, сокращение популяции ценных рыб, аридизация поймы реки, а также снижение доступности ирригационной воды для части местного населения.

Индекс Шеннона, рассчитанный на основе количественных и качественных показателей донных беспозвоночных, предоставляет наилучшую возможность оценить степень влияния МГЭС на речные экосистемы.

Таблица 3. Индикаторные виды для определения органического загрязнения зообентоса исследованных участков бассейна р. Арпа 2016–2017 гг.

Отряды	Семейства	Виды	Станция														
			J			Z		A			H			E			
			T*	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Tricladida Amphi poda	Dugesidae	<i>Dugesia</i> sp.	4												x		
	Niphargi dae	<i>Niphargus abricossovi</i> Birstein 1932	4	x													
	Ephemere lli dae	<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	1			x		x		x	x	x		x			
		<i>Ephemerella maculocaudata</i> Ikonomov 1961	1													x	x
	Heptagenii dae	<i>Epeorus zaitzevi</i> Tshernova 1981	1				x						x		x	x	x
Ephemeroptera		<i>Epeorus (Caucasiron) caucasicus</i> (Tshernova, 1938)	0									x			x		
		<i>Rhytrogeta (Rh)</i> sp.	0	x	x										x	x	x
		<i>Ecdyonurus gr. venosus</i>	3	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x
	Leptophlebiid dae	<i>Habroleptoides confusa</i> Sartori & Jacob, 198	6												x	x	x
Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i> sp.	1	x	x	x	x	x						x	x	x	x
	Nemurid dae	<i>Amphinemura mirabilis</i> (Martynov, 1928)	3												x		
	Perlodid dae	<i>Isoperla</i> sp.	2	x			x		x						x		
	Chloroperlidae	<i>Chloroperla zhitovae</i> Zwick, 1967	1	x												x	
	Perlidae	<i>Perla pallida</i> Guérin-Méneville, 1838	1										x	x	x		
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche contubernalis</i> (Mclachlan, 1865)	4				x	x				x	x	x	x		
		<i>H. gr. pellucidula</i>	4				x	x					x		x	x	x
		<i>H. gr. instabilis</i>	4										x	x	x	x	x
		<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)	5					x									x
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp.	6														x
	Brachycentridae	<i>Micrasema bifoliatum</i> Martynov, 1925	2	x	x											x	
	Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i> sp.	3	x			x							x	x	x	
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	1	x									x	x	x		x
	Limnephilidae	<i>Chaetopteryx</i> sp.	4			x	x						x	x	x	x	x
		<i>Drusus caucasicus</i> Ulmer, 1907	2	x	x									x	x	x	
		<i>Halesus digitatus</i> (Schrank, 1781)	4											x			
		<i>Chaetopteryx</i> sp.	4			x	x						x	x	x	x	x
		<i>Halesus digitatus</i> (Schrank, 1781)	4											x			
	Apataniidae	<i>Apatania subtilis</i> Martynov, 1909	3											x	x		
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	0											x	x		
	Leptoceridae	<i>Athripsodes</i> sp.	4											x	x	x	
		<i>Adicella syriaca</i> Ulmer, 1907	4													x	
	Lepidostomatidae	<i>Dinarthrum</i> sp.	1												x	x	x
		<i>Dinarthrum chaldyrense</i> (Martynov, 1909)	1													x	
	Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius 1781)	2				x									x	x
	Philopotamidae	<i>Philopotamus</i> sp.	3														
	Diptera	Limoniidae	<i>Hexatoma</i> sp.	2	x	x	x	x							x	x	

* Значение толерантности модифицированного биотического индекса Гильзенхоффа (от 0 до 10 баллов)

Работа выполнена при поддержке Государственного комитета науки МОН РА в рамках исследовательского проекта № 15T-IF312 «Оценка воздействия малых ГЭС на речные экосистемы Армении (на примере бассейна реки Арпа)».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Безматерных Д.М.* Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири. Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы, 85, с. 1-86, 2007.
2. *Бошян Т.В., Геворгян Г.А., Акопян С.А.* Оценка воздействия малых гидроэлектростанций на сообщества макрозообентоса рек бассейна озера Севан. Экологическое состояние в период изменения уровня воды // отв. ред. А.В. Крылов. Ярославль: Филигрань, с. 198-203, 2016.
3. *Зыков И.Е.* Оценка качества воды реки Клязьмы восточных районов Подмосквья [электронный ресурс] /И.Е. Зыков // Орехово-Зуево: Вестник МГОГИ. Серия: медико-биологические науки, № 1, с. 11-19, 2013.
4. *Рубенян А.Р., Габриелян Б.К.* Влияние гидроэнергетической промышленности на биоразнообразие гидроэкосистем Армении. Материалы международной конференции "Биологическое разнообразие и проблемы охраны фауны Кавказа". Ереван, с. 256-261, 2011.
5. *Турбанов И.С., Палатов Д.М., Головач С.И.* Современное состояние биоспелеологии в России и странах бывшего Советского союза: Обзор пещерной (эндогейной) фауны беспозвоночных. Зоологический журнал, 95, 10, с. 1136-1159, 2016.
6. *Բոռնիազյան Վ., Գրիգորյան Տ., Երիցյան Ս., Չարաֆյան Ի.* Փոքր ՋԷԿ-երի սոցիալ-էկոլոգիական ազդեցության վերլուծություն. Բաց Հասարակության Հիմնադրամներ, էջ 1-29, 2014. <http://www.osf.am/wp-content/uploads/2014/05/VictoriaBurnazyan-policyPaper.pdf> 2014.
7. *Fokkens B., Janes M., Leumens (Ed.) H., Rodriguez I., Terrier B.* Towards River Restoration in Armenia (Expert Mission to the Arpa River Basin), 24 p., 2013.
8. *Gevorgyan A.G.* Assessment of the sanitary-bacteriological state of the Arpa and Yeghegis rivers // Armenian Biological Journal of Armenia, 69, 3, pp. 47-51, 2017.
9. *Gevorgyan G., Hayrapetyan A., Mamyan A., Gabrielyan B.* Hydroecological risk assessment of small hydropower plants operation in Armenia (Based on example of Vardenis, Karchaghbyur and Arpa rivers). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 11, issue 5, pp. 59-67, 2017.
10. *Hakobyan S.H.* Assessment of spawning conditions of endemic fish species in major tributaries of Lake Sevan. European River Restoration Conference. Austria, Vienna, 11-13 September, 2013. (http://www.restorerivers.eu/Portals/27/ERRC2013_poster_S.%20Hakobayn.pdf).
11. *Hilsenhoff W.L.* An improved biotic index of organic stream pollution. Great Lakes Entomol. 20, pp. 31-39, 1987.
12. *Mandaville S.M.* Benthic Macroinvertebrates in freshwater – Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax. p. 128, 2002.
13. Manual for the Application of the AQEM System. A Comprehensive Method to Assess European Streams Using Benthic Macroinvertebrates, Developed for the Purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002.
14. *Shannon C., Wiener W.* The mathematical theory of communication. University Illinois Press, Urbana, 360 pp., 1963.
15. *Sørensen T.* A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of a species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons // Kongelige Danske videnskabernes selskab. Biol. skrifter., 5, 4, pp. 1-34, 1948.
16. United Nations World Economic Situation and Prospects 2019. Sales No. E.19.II.C.1., 2019.
17. *Vaikasas S., Bastiene N., Pliuraite V.* Impact of small hydropower plants on physicochemical and biotic environments in flatland riverbeds of Lithuania. Journal of Water Security, 1, pp. 1-13, 2015.
18. *Zelenakova M., Zvijakova L., Purcz P.* Small hydropower plant - Environmental impact assessment – Case study. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3, 4, pp. 35-42, 2013.

Поступила 01.10.2021