

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 591.9(28):504.064.47:(282.247.28)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-16-29>

Поступила в редакцию 08.10.2019

Received 08.10.2019

**В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк, М. Д. Мороз, И. Ю. Гигиняк, Е. В. Корзун**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь*

## **ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕК НЕМАН И ВИЛИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД**

**Аннотация.** В определении качества поверхностных вод все большее значение приобретает анализ биотической составляющей. Целью работы являлась оценка влияния сброса сточных вод городов Гродно, Столбцы и Вилейка на экологическое качество воды речных экосистем Немана и Вилии на основе изучения сообщества макрозообентоса.

В реках Неман и Вилия обитают редкие и охраняемые в ряде стран Европы виды гидробионтов. Среди них моллюски, жесткокрылые, ручейники, ракообразные. В р. Неман отсутствует самая приоритетная индикаторная группа гидробионтов – веснянки. Слабо представлены поденки и ручейники (2-я и 3-я индикаторные группы). В р. Вилия присутствуют все три основные индикаторные группы гидробионтов. Определены биотические индексы и рассчитаны классы чистоты воды обеих рек. В соответствии с Водной рамочной директивой ЕС вода на изученных станциях имеет хороший и высокий класс чистоты. Сделан вывод, что негативное воздействие сточных вод городов Гродно, Столбцы и Вилейка имеет весьма локальное значение и слабо сказывается на биоте и экологическом качестве воды рек Неман и Вилия.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, речные экосистемы, биотические индексы, макрозообентос, горячие точки, экологическое качество

**Для цитирования:** Изменение экологического качества воды рек Неман и Вилия при воздействии городских сточных вод / В. М. Байчоров [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 16–29. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-16-29>

**Vladimir M. Baitchorov, Yuri G. Giginyak, Michael D. Moroz, Irina J. Giginyak, Egor V. Korzun**

*Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

## **CHANGE IN ENVIRONMENTAL WATER QUALITY OF NEMAN AND VILIYA RIVERS UNDER THE INFLUENCE OF CITY WASTEWATER**

**Abstract.** The analysis of the biotic component in determining of the quality of surface water is becoming increasingly important. The aim of the work was to assess the ecological quality of the river ecosystems from the influence of wastewater discharges of the Grodno, Stolbtsy and Vileyka cities on the Neman and Viliya rivers based on the macrozoobenthos community.

The rare and protected species of hydrobionts from number of European countries live in the studied rivers. Among them are mollusks, coleoptera, caddis flies, and crustaceans. The stoneflies – highest priority indicator group of hydrobionts is missing in the Neman river. Mayflies and caddis flies are also poorly represented (2nd and 3rd indicator groups). The all three main indicator groups of aquatic organisms are presented in the Viliya river. The biotic indices are determined and the class of water purity of the studied rivers was calculated. In accordance with the EU Water Framework Directive, the cleanliness class has good and high value. It is concluded that the negative impact of wastewater from the cities of Grodno, Stolbtsy and Vileyka is of very local importance and weakly affects the biota and ecological quality of the water of the Neman and Viliya rivers.

**Keywords:** surface water, river ecosystems, biotic indices, macrozoobenthos, hot spots, environmental quality

**For citation:** Baitchorov V. M., Giginyak J. G., Moroz M. D., Giginyak I. J., Korzun E. V. Change in environmental water quality of Neman and Viliya rivers under the influence of city wastewater. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnych navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 16–29 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-16-29>

**Введение.** Качество поверхностных вод, в том числе речных, определяется физическими, химическими и биологическими критериями. Два первых критерия дают физическую или химическую оценку внешней среды, но не дают ответа на вопрос о состоянии водных экосистем, поэтому особое значение имеет биологический подход, который позволяет напрямую оценить экологическое качество поверхностных вод, независимо от состава и доз загрязняющих веществ.

Оценка качества воды на основе видового состава гидробионтов индикаторов предпринималась начиная с XIX в. [1–6]. Однако такой подход применим только в случае значительного пре-

образования биотопа или при высоких концентрациях загрязняющих веществ и малоэффективны при фоновых значениях. Поэтому для оценки качества водных экосистем все чаще используют индексы биологического разнообразия, которые применяются в популяционной экологии [7–8]. Такие биотические индексы позволяют оценивать экологическое качество поверхностных вод как при значительном антропогенном влиянии, так и при фоновых значениях. В настоящее время в Беларуси для оценки качества воды речных экосистем используется модифицированный индекс Вудивисса [9], который учитывает как наличие организмов-индикаторов, так и биологическое разнообразие в целом (количество таксономических групп донного сообщества).

Следует отметить, что оценка качества воды с помощью биоиндикации более эффективна, чем использование традиционной методологии, ориентированной на анализ физических нарушений и химического загрязнения (в частности, предельно допустимой концентрации, предельно допустимого выброса, нормы качества воды и др.).

Несмотря на обилие гидробиологических исследований речных экосистем Беларуси [10–14], практически отсутствует биоиндикационная оценка изменения экологического качества поверхностных вод вследствие сброса сточных вод и поверхностного стока городов в речные экосистемы.

Цель работы – определить воздействие сброса сточных вод и поверхностных стоков горячих точек («Гродно водоканал», «Столбцы водоканал» и «Вилейка водоканал») на экологическое качество воды речных экосистем Немана и Вилии с помощью биоиндикационной оценки макрозообентоса.

Задачи исследования – определение видового состава таксономических групп макрозообентоса, расчет биотических индексов и класса чистоты речных экосистем при воздействии городских сточных вод.

Настоящее исследование соответствует рекомендациям Водной рамочной директивы ЕС [15] и Водного кодекса Республики Беларусь [16].

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования являлось сообщество макрозообентоса речных экосистем Неманского речного бассейна (рек Неман и Вилия). Состав макрозообентоса определяли на 14 станциях отбора проб для 17 таксономических групп, используемых при расчете модифицированного индекса Вудивисса в соответствии с ТКП «Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем» [9]. На р. Неман сборы были выполнены в октябре 2016 г., на р. Вилия – в мае 2017 г.

*Отбор гидробиологических проб.* Отбор проб осуществляли при помощи стандартного гидробиологического сачка, используя метод траления в прибрежной части рек, а также методику отбора проб согласно Европейскому протоколу AQEM и стандарту ISO 7828. Для этого на каменистых грунтах и в местах развития макрофитов производили выемку камней и коряг с последующим их осмотром с целью отбора животных. Отобранные пробы макрозообентосных объектов фиксировали 96 %-ным спиртом.

*Расчет биотических индексов.* Для биологического анализа загрязненных вод по составу донных животных наиболее простым и достаточно удобным представляется разработанный для р. Трент в Англии метод Вудивисса [8], который позволяет определить, насколько уменьшается разнообразие фауны в условиях загрязнения. Нами использован модифицированный биотический индекс Вудивисса [9], который предполагает сбор только качественных проб, без учета обилия животных, и допускает определение особей до уровня таксономических групп, которые являются основными индикаторами экологического качества водных экосистем. В связи с тем что алгоритмы расчета индекса Вудивисса в разных литературных источниках различаются, нами приводится матрица для расчета модифицированного биотического индекса Вудивисса (табл. 1).

Как видно из табл. 1, самыми высокими биоиндикационными свойствами отличаются группы *Plecoptera* (веснянки), *Ephemeroptera* (поденки), *Trichoptera* (ручейники).

Существует много систем оценки качества поверхностных вод. Используемая в Беларуси система значительно приближена к рекомендованной Водной рамочной директивой ЕС. В табл. 2 приведены интеркалибровка значений индекса Вудивисса, характеристика и цветовое отображение класса чистоты воды, применяемых в Беларуси и в соответствии с рекомендациями Водной рамочной директивы ЕС.

Таблица 1. Расчет модифицированного биотического индекса Вудивисса (Extended biotic index) согласно ТКП «Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем» [11]

Table 1. Calculation of the Extended biotic index according to the TCP “Rules for determining the ecological (hydrobiological) status of river ecosystems” [11]

Индикаторный таксон	К-во таксонов	К-во таксономических групп				
		0–5	6–13	14–21	22–29	30 и более
Отр. <i>Plecoptera</i> , род <i>Heptagenia</i>	>1 1	– –	– –	8 7	9 8	10 9
Отр. <i>Ephemeroptera</i> , за исключением сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i>	>1 1	– –	6 5	7 6	8 7	9 8
Отр. <i>Trichoptera</i> , сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i>	>1 1	– –	5 4	6 5	7 6	8 7
Сем. <i>Gammaridae</i> , отр. <i>Odonata</i> , <i>Aphelocheirus aestivalis</i>	1	3	4	5	6	7
Класс <i>Hirudinea</i> , <i>Asellus aquaticus</i>	1	2	3	4	5	–
Класс <i>Oligochaeta</i> , сем. <i>Chironomidae</i>	1	1	2	3	–	–
Присутствуют виды-полисапробы	1	0	1	–	–	–

Таблица 2. Система оценки качества воды (национальная и по рекомендациям Водной рамочной директивы ЕС [11, 17, 18]) на основе модифицированного биотического индекса Вудивисса

Table 2. The water quality assessment system (national and according to the recommendations of the EU water framework directive [11, 17, 18]) based on the modified Woodywiss Biotic Index based on the Extended biotic Index

Индекс Вудивисса	Класс чистоты	Характеристика качества воды		Цветовое обозначение
		Беларусь	Директива ЕС	
10-8	1	Очень чистая	Высокое	Синий
7-5	2	Чистая	Хорошее	Зеленый
4-3	3	Умеренно загрязненная	Невысокое	Желтый
2-1	4	Загрязненная	Низкое	Оранжевый
1-0	5	Грязная	Плохое	Красный
0	6	Очень грязная		

**Результаты и их обсуждение.** Горячая точка «Гродно водоканал». Идентификация видового состава макрозообентоса для оценки экологического качества воды р. Неман при воздействии горячей точки «Гродно водоканал» была выполнена на 5 станциях отбора проб (табл. 3).

Таблица 3. Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп (№ 1–17, выделены жирным шрифтом) макрозообентоса для расчета значений модифицированного индекса Вудивисса на станциях отбора проб горячей точки «Гродно водоканал»

Table 3. The species composition and identification level of taxonomic groups (no. 1–17, shown in bold) of macrozoobenthos for calculating the values of the Extended Biotic Index at sampling stations of the “Grodno vodokanal” hot spot

Таксономическая группа	К-во особей в пробе				
	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5
<b>1. Nematoda</b> (до класса)	–	–	–	–	–
<b>2. Tricladidae</b> (до рода)	–	–	–	–	–
<b>3. Oligochaeta</b> (без <i>Naididae</i> ) (до класса)					
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	9	–	–
<i>Oligochaeta gen. spp.</i>	3	26	123	526	223
<b>4. Naididae</b> (до семейства)	–	–	–	–	–
<b>5. Hirudinea</b> (до рода)					
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	1	–
<i>Glossiphonia heteroclita</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	5	1
<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	1	1
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	1	–

Продолжение табл. 3

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе				
	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5
<b>6. Mollusca</b> (до рода)					
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	1	5
<i>Lithoglyphus naticoides</i> (Pfeiffer, 1828)	–	–	–	–	1
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	5
<i>Valvata piscinalis</i> (O. F. Müller, 1774)	1	–	–	–	–
<i>Acroloxus lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	–	–
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	4	–	3	9	4
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	5	3
<i>Radix ampla</i> (Hartmann, 1841)	–	–	–	–	1
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	–	–
<i>Radix sp.</i>	–	–	3	–	–
<i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)	–	1	1	–	–
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	3	2
<i>Anisus vortex</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	30	5
<i>Gyraulus albus</i> (O. F. Müller, 1774)	–	–	–	5	1
<i>Gyraulus crista</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	1
<i>Planorbium corneum</i> O. F. Müller, 1774	–	–	–	7	2
<i>Dreissena polymorpha</i> Pallas, 1771	1	–	–	–	–
<i>Pisidium sp.</i>	–	–	–	1	–
<i>Sphaerium sp.</i>	–	–	3	–	–
<b>7. Crustacea</b> (до рода)					
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	2	3	8
<i>Gammarus varsoviensis</i> Jazdzewski, 1975	–	–	–	2	4
<b>8. Hydrachnidae</b> (до семейства)					
<i>Hydrachnidae gen. spp.</i>	–	2	–	–	–
<b>9. Megaloptera</b> (до рода)	–	–	–	–	–
<b>10. Odonata</b> (до рода)					
<i>Coenagrion puella</i> Linnaeus, 1758	–	–	–	9	–
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)	–	–	–	1	3
<i>Erythronma najas</i> (Hansemann, 1823)	–	–	–	1	4
<b>11. Plecoptera</b> (до рода)	–	–	–	–	–
<b>12. Ephemeroptera</b> (до рода), за исключением сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i>					
<i>Heptagenia sp.</i>	–	–	1	–	–
<b>13. Heteroptera</b> (до рода)					
<i>Plea minutissima</i> Leach, 1817	–	–	–	1	11
<i>Sigara falleni</i> (Fieber, 1848)	–	–	–	22	129
<i>Sigara lateralis</i> (Leach, 1817)	–	–	–	2	–
<i>Sigara striata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	64	25
<i>Corixidae gen. spp.</i>	–	–	–	3	4
<b>14. Lepidoptera</b> (до рода)					
<i>Cataclysta lemnata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	2	23
<b>15. Coleoptera</b> (до рода)					
<i>Haliplus sp.</i>	2	–	1	3	3
<i>Noterus crassicornis</i> (O. F. Müller, 1776)	–	–	–	1	–
<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774)	–	–	2	7	–
<i>Laccobius sp.</i>	–	–	–	3	–
<b>16. Trichoptera</b> , сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i> (до рода)					
<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870 ( <i>Baetidae</i> )	2	–	4	39	318
<i>Tinodes waeneri</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	–	–
<i>Hydroptila sp.</i>	1	–	–	–	–
<i>Limnephilus sp.</i>	–	–	–	11	4

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе				
	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5
<b>17. Diptera</b> (до семейства)					
<i>Chironomidae</i> gen. spp.	3	127	98	39	3
<i>Ceratopogonidae</i> gen. spp.	–	1	2	1	1
<i>Limoniidae</i> gen. spp.	1	–	3	2	5
<i>Psychodidae</i> gen. spp.	–	–	–	3	1
<i>Tabanidae</i> gen. spp.	–	–	5	9	2

Примечание. Здесь и в табл. 4: станция 1 – д. Пригодичи, выше г. Гродно, 21 км выше сброса; станция 2 – сад. т-во Куколы, 200 м ниже сброса; станция 3 – д. Куколы, 1 км ниже сброса; станция 4 – д. Гожа, 7,6 км ниже сброса; станция 5 – д. Лукавица, 16,5 км ниже сброса, 3,7 км от литовской границы.

Всего в р. Неман в районе г. Гродно было выявлено 55 видов и форм представителей макрозообентосного и плейстонного комплексов, относящихся к трем типам беспозвоночных животных: Mollusca – 19, Annelida – 6 и Arthropoda – 30.

Наибольшее их количество (более 40 % от числа всех изученных водных беспозвоночных) было отмечено для комплекса видов малощетинковых червей, так называемых видов переработчиков, особенно вблизи государственной границы с Литвой (станции 4, 5, таксономическая группа № 3). Такое большое количество малощетинковых червей встречается, как правило, в загрязненных водах и совершенно не характерно для большинства рек Беларуси [14]. Эти же станции отличались наиболее богатой фауной и высокой численностью гидробионтов.

Среди выявленных водных беспозвоночных наибольший интерес представляет находка чужеродного вида моллюсков *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) на станциях 2 и 3. Исторический ареал этого вида расположен на Американском континенте и включает северо-восток США и сопредельные территории Канады, Кубу. В настоящее время *Physella acuta* распространена в водоемах ряда стран Западной и Средней Европы [17]. В Беларуси вид известен только из верховий р. Неман, канала очистных сооружений г. Гомеля и водоема-охладителя Березовской ГРЭС [18].

Моллюски *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) и *Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758) включены в Красный лист Чешской Республики, категория охраны NT [19].

На основании видового состава таксономических групп и их индикаторной значимости были рассчитаны значения модифицированного индекса Вудивисса на изученных станциях отбора проб горячей точки «Гродно водоканал» (табл. 4).

Таблица 4. Экологическое качество воды р. Неман при воздействии горячей точки «Гродно водоканал»

Table 4. Ecological water quality of the river Neman from the impact of the “Grodno vodokanal” hot spot

№ станции	Координаты местоположения станции	Число видов в таксономической группе			N	EVI	Класс чистоты воды
		<i>Pl</i>	<i>Eph</i>	<i>Tr</i>			
1	53°38'36.60"C 23°55'50.16"B	0	0	3	11	5	2. Хорошая
2	53°45'1.08"C 23°48'12.30"B	0	0	0	2	1	5. Плохая
3	53°45'31.68"C 23°48'35.10"B	0	1	1	15	6	2. Хорошая
4	53°48'26.10"C 23°51'14.34"B	0	0	2	31	8	1. Высокая
5	53°52'1.02"C 23°46'44.52" B	0	0	2	28	7	2. Хорошая

Примечание. Таксономические группы: *Pl* – Plecoptera, *Eph* – Ephemeroptera, *Tr* – Trichoptera, *N* – общее количество таксономических групп, *EVI* – модифицированный индекс Вудивисса. То же в табл. 6, 8.

Как видно из табл. 4, плохое экологическое качество воды получено только на станции, которая расположена в 200 м ниже сброса сточных вод на станции 2 вблизи садового товарищества Куколы. Через 1 км после сброса фауна макрозообентоса восстанавливается и далее качество воды имеет первый и второй класс чистоты. Таким образом, сточные воды г. Гродно хотя и ока-

зывают выраженное отрицательное влияние на р. Неман, но на весьма ограниченном участке в непосредственной близости от сброса сточных вод.

Горячая точка «Столбцы водоканал». Идентификация видового состава макрозообентоса для оценки экологического качества воды р. Неман при воздействии горячей точки «Столбцы водоканал» была выполнена для трех станций отбора проб (табл. 5).

Таблица 5. Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп (№ 1–17, выделены жирным шрифтом) макрозообентоса для расчета значений модифицированного индекса Вудивисса на станциях отбора проб горячей точки «Столбцы водоканал»

Table 5. The species composition and identification level of taxonomic groups (no. 1–17, shown in bold) of macrozoobenthos for calculating the values of the Extended biotic Index at sampling stations of the “Stolbtsy Vodokanal” hot spot

Таксономическая группа	К-во особей в пробе		
	Станция 1	Станция 2	Станция 3
<b>1. Nematoda</b> (до класса)	–	–	–
<b>2. Tricladidae</b> (до рода)	–	–	–
<b>3. Oligochaeta</b> (без <i>Naididae</i> ) (до класса)			
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	68	29	33
<i>Oligochaeta gen. spp.</i>	–	18	6
<b>4. Naididae</b> (до семейства)	–	–	–
<b>5. Hirudinea</b> (до рода)			
<i>Glossiphonia heteroclita</i> (Linnaeus, 1761)	1	–	–
<i>Glossiphonia concolor</i> (Apathy 1888)	1	–	–
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	2	–	–
<i>Erpobdella nigricollis</i> (Brandes 1900)	1	–	–
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–
<b>6. Mollusca</b> (до рода)			
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	9	26	2
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	7	15	1
<i>Bithynia leachi</i> (Sheppard, 1823)	3	2	–
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	47	94	218
<i>Valvata piscinalis</i> (O. F. Müller, 1774)	7	2	–
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	10	14	16
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)	16	23	11
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	5
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)	12	11	23
<i>Anisus vortex</i> (Linnaeus, 1758)	2	–	–
<i>Gyraulus albus</i> (O. F. Müller, 1774)	6	6	–
<i>Planorbarius corneus</i> O. F. Müller, 1774	2	–	–
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1
<i>Anodonta cygnea</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	–
<i>Unio tumidus</i> (Philipson, 1788)	–	2	–
<i>Pisidium henslowanum</i> (Sheppard, 1823)	4	1	–
<i>Pisidium subtruncatum</i> Malm, 1855	1	–	–
<i>Sphaerium corneum</i> Linnaeus, 1758	–	–	9
<i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818)	5	–	1
<b>7. Crustacea</b> (до рода)			
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	12	–	–
<b>8. Hydrachnidae</b> (до семейства)			
<i>Hydrachnidae gen. spp.</i>	–	–	1
<b>9. Megaloptera</b> (до рода)	–	–	–
<b>10. Odonata</b> (до рода)			
<i>Calopteryx virgo</i> (Linnaeus, 1758)	2	8	1
<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1782)	1	19	12
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)	4	–	3
<i>Coenagrion hastulatum</i> Charpentier, 1825	1	–	–

Таксономическая группа	К-во особей в пробе		
	Станция 1	Станция 2	Станция 3
<i>Coenagrion sp.</i>	–	3	–
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	12	2	3
<i>Ischnura elegans</i> Vander Linden, 1820	2	–	–
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)	2	–	11
<b>11. Plecoptera</b> (до рода)	–	–	–
<b>12. Ephemeroptera</b> (до рода), за исключением сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i>			
<i>Heptagenia flava</i> (Rostock, 1877)	–	2	–
<i>Heptagenia sp.</i>	54	182	68
<b>13. Heteroptera</b> (до рода)			
<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus, 1758	1	1	1
<i>Notonecta glauca</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–
<i>Micronecta minutissima</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–
<i>Gerris lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	2	–	–
<i>Gerris sp.</i>	1	13	2
<i>Mesovelgia furcata</i> Mulsant et Rey, 1852	1	–	1
<b>14. Lepidoptera</b> (до рода)			
<i>Cataclysta lemnata</i> (Linnaeus, 1758)	7	4	–
<i>Parapoynx stratiotata</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	–
<b>15. Coleoptera</b> (до рода)			
<i>Haliplus fluviatilis</i> Aubé, 1836	–	–	1
<i>Haliplus sp.</i>	3	–	4
<i>Hygrotus versicolor</i> (Schaller, 1783)	–	–	1
<i>Acilius canaliculatus</i> (Nicolai, 1822)	–	–	1
<i>Ilybius fuliginosus</i> (Fabricius, 1792)	1	–	–
<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774)	1	–	9
<i>Platambus maculatus</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	–
<i>Dytiscus sp.</i>	–	–	1
<i>Dytiscidae gen. spp.</i>	–	6	1
<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)	–	2	–
<i>Gyrinidae gen. spp.</i>	–	2	–
<i>Scirtidae gen. spp.</i>	1	–	–
<i>Donacia sp.</i>	–	1	–
<b>16. Trichoptera</b> , сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i> (до рода)			
<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1834	2	3	–
<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870	–	5	–
<i>Procloeon bifidum</i> (Bengtsson, 1912)	4	1	3
<i>Caenis macrura</i> (Stephens, 1835)	–	1	–
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	1	–	–
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	–	1	–
<i>Holocentropus dubius</i> (Rambur, 1842)	5	–	–
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1761)	–	18	–
<i>Hydroptila sp.</i>	1	5	3
<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton, 1873	–	9	1
<i>Oxyethira sp.</i>	1	1	–
<i>Phryganea bipunctata</i> Retzius, 1783	–	–	2
<i>Molanna angustata</i> Curtis, 1834	3	–	–
<b>17. Diptera</b> (до семейства)			
<i>Centropogonidae gen. spp.</i>	–	1	1
<i>Chironomidae gen. spp.</i>	7	16	24
<i>Culicidae gen. spp.</i>	3	1	7
<i>Dixidae gen. spp.</i>	–	1	1

Примечание. Здесь и в табл. 6: станция 1 – автомобильный мост старой трассы Минск–Брест, выше сброса; станция 2 – автомобильный мост новой трассы Минск–Брест, ниже сброса; станция 3 – д. Жуков Борок, 12,5 км ниже сброса.

Всего в р. Неман в районе г. Столбцы выявлено 80 видов и форм представителей макрозообентосного и плейстонного комплексов, относящихся к трем типам беспозвоночных животных: Mollusca – 19, Annelida – 7 и Arthropoda – 54.

Некоторые виды оказались охраняемыми в ряде стран Европы. Так, в Красный лист Чешской Республики включены *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758), *Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758), *Sphaerium rivicola* (Lamarck, 1818), категория охраны NT, и моллюск *Bithynia leachi* (Sheppard, 1823), категория охраны CR [19]. *Orectochilus villosus* (Müller, 1776) внесена в Красный список Республики Крым, категория охраны 3. Этот вид достаточно редок в Беларуси [20]. *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758), охраняется в Норвегии [21]. *Ithytrichia lamellarus* (Eaton, 1873) включен в Красный лист Польши, категория охраны DD [22].

На основании видового состава таксономических групп и их индикаторной значимости были рассчитаны значения модифицированного индекса Вудивисса на изученных станциях отбора проб горячей точки «Столбцы водоканал» (табл. 6).

Таблица 6. Экологическое качество воды р. Неман при воздействии горячей точки «Столбцы водоканал»

Table 6. Ecological water quality of the river Neman from the impact of the “Stolbtsy vodokanal” hot spot

№ станции	Координаты местоположения станции	Число видов в таксономической группе			N	EBI	Класс чистоты воды
		<i>Pl</i>	<i>Eph</i>	<i>Tr</i>			
1	3°28'42.21"С 26°42'56.10"В	0	1	7	44	8	1. Высокая
2	53°29'53.77"С 26°39'06.17"В	0	1	6	38	8	1. Высокая
3	53°32'16.31"С 26°34'33.07"В	0	1	4	32	8	1. Высокая

Из табл. 6 видно, что класс чистоты экологического качества воды р. Неман остается на высоком уровне как непосредственно после сброса сточных вод (станция 2), так и на удалении 12,5 км от сброса (станция 3). Таким образом, сточные воды г. Столбцы не оказывают выраженного отрицательного влияния на р. Неман.

*Горячая точка «Вилейка водоканал».* Идентификация видового состава макрозообентоса для оценки экологического качества воды р. Вилия от воздействия горячей точки «Вилейка водоканал» была выполнена для 6 станций отбора проб (табл. 7).

Таблица 7. Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп (№ 1–17, выделены жирным шрифтом) макрозообентоса для расчета значений модифицированного индекса Вудивисса на станциях отбора проб горячей точки «Вилейка водоканал»

Table 7. The species composition and identification level of taxonomic groups (shown in bold numbers 1–17) of macrozoobenthos for calculating the values of the Extended biotic Index at sampling stations of the “Vileyka vodokanal” hot spot

Таксономическая группа	К-во особей в пробе					
	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5	Станция 6
<b>1. Nematoda</b> (до класса)	–	–	–	–	–	–
<b>2. Tricladidae</b> (до рода)	–	–	–	–	–	–
<b>3. Oligochaeta</b> (без <i>Naididae</i> ) (до класса) <i>Oligochaeta gen. spp.</i>	1	12	172	3	7	1
<b>4. Naididae</b> (до семейства)	–	–	–	–	–	–
<b>5. Hirudinea</b> (до рода) <i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	13	–	–	–
<b>6. Mollusca</b> (до рода) <i>Bithynia leachi</i> (Sheppard, 1823) <i>Valvata piscinalis</i> (O. F. Müller, 1774) <i>Galba truncatula</i> (O. F. Müller, 1774) <i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)	– – – 2	– 2 2 –	– – 1 –	– – 1 –	– – 3 2	– – – 3

Таксономическая группа	К-во особей в пробе					
	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5	Станция 6
<i>Radix ampla</i> (Hartmann, 1841)	–	–	–	–	–	1
<i>Stagnicola palustris</i> (O. F. Müller, 1774)	3	–	–	–	–	–
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)	–	2	–	23	7	8
<i>Planorbarius corneus</i> O. F. Müller, 1774	–	1	–	2	–	–
<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	–	–	–
<b>7. Crustacea</b> (до рода)						
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	107	–	12	24	6	11
<i>Synurella ambulans</i> (F. Müller, 1846)	15	–	–	2	1	–
<b>8. Hydrachnidae</b> (до семейства)						
<i>Hydrachnidae gen. spp.</i>	3	2	–	–	9	–
<b>9. Megaloptera</b> (до рода)	–	–	–	–	–	–
<b>10. Odonata</b> (до рода)						
<i>Calopteryx virgo</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	–	4
<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1782)	–	–	–	–	–	1
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)	–	–	–	2	–	–
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	–	–	–	1	–	–
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)	–	–	–	–	–	1
<i>Cordulia aenea</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	1	–	–
<b>11. Plecoptera</b> (до рода)						
<i>Nemoura cinerea</i> (Retzius, 1783)	–	–	–	2	122	–
<b>12. Ephemeroptera</b> (до рода), за исключением сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i>						
<i>Heptagenia flava</i> (Rostock, 1877)	–	1	–	–	–	–
<i>Heptagenia fuscogrisea</i> (Retzius, 1783)	–	–	–	1	1	–
<i>Leptophlebia marginata</i> Linnaeus, 1767	5	–	–	–	–	5
<b>13. Heteroptera</b> (до рода)						
<i>Plea minutissima</i> Leach, 1817	–	–	–	1	–	–
<i>Notonecta glauca</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	–	–	–
<i>Lyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	1	–
<i>Cymatia coleoprata</i> (Fabricius, 1777)	–	–	–	6	–	–
<i>Hesperocorixa linnaei</i> (Fieber, 1848)	2	–	–	–	–	–
<i>Sigara falleni</i> (Fieber, 1848)	–	1	–	12	6	–
<i>Sigara striata</i> (Linnaeus, 1758)	5	–	–	–	1	–
<b>14. Lepidoptera</b> (до рода)	–	–	–	–	–	–
<b>15. Coleoptera</b> (до рода)						
<i>Haliphus fluviatilis</i> Aubé, 1836	–	–	–	1	–	–
<i>Noterus crassicornis</i> (O. F. Müller, 1776)	1	–	–	–	–	–
<i>Haliphus fluviatilis</i> Aubé, 1836	–	–	–	–	1	–
<i>Hyphydrus ovatus</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	–	1	–
<i>Lybius quadriguttatus</i> (Lacordaire, 1835)	–	–	–	–	1	–
<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774)	–	–	–	2	–	1
<i>Rhantus latitans</i> Sharp, 1882	–	–	–	–	1	–
<i>Dytiscidae gen. spp.</i>	4	–	–	–	2	1
<b>16. Trichoptera</b> , сем. <i>Baetidae</i> и <i>Caenidae</i> (до рода)						
<i>Baetis buceratus</i> Eaton, 1870	3	56	–	2	–	26
<i>Baetis niger</i> (Linnaeus, 1761)	–	4	–	–	–	3
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1845)	–	1	–	–	–	–
<i>Centroptilum luteolum</i> (Müller, 1776)	–	3	–	6	–	1
<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870 ( <i>Baetidae</i> )	4	2	–	114	214	–
<i>Caenis horaria</i> Linnaeus, 1758	3	–	–	–	–	–
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	–	–	3	2	–	–
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	–	–	1
<i>Mystacides longicornis</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	–	–	–

Окончание табл. 7

Таксономическая группа	К-во особей в пробе					
	Станция 1	Станция 2	Станция 3	Станция 4	Станция 5	Станция 6
<i>Anabolia sp.</i>	93	57	–	76	17	121
<i>Limnephilus fuscineris</i> (Zetterstedt, 1840)	–	4	–	–	–	–
<i>Limnephilus nigriceps</i> (Zetterstedt, 1840)	1	–	–	–	–	1
<i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	1	–	1
<i>Limnephilus sp.</i>	2	–	–	7	1	1
<b>17. Diptera</b> (до семейства)						
<i>Centropogonidae gen. spp.</i>	2	2	–	–	–	2
<i>Chironomidae gen. spp.</i>	197	7	942	24	17	2
<i>Culicidae gen. spp.</i>	4	3	4	9	31	10
<i>Limoniidae gen. spp.</i>	–	1	–	–	–	–
<i>Dixidae gen. spp.</i>	–	–	–	–	4	–
<i>Psychodidae gen. spp.</i>	–	–	–	–	1	1
<i>Ptychopteridae gen. spp.</i>	5	–	–	–	–	–
<i>Simuliidae gen. spp.</i>	2	3	9	–	–	1
<i>Tabanidae gen. spp.</i>	–	–	–	–	2	1
<i>Tipuliidae gen. spp.</i>	1	–	–	–	–	–

Примечание. Здесь и в табл. 8: станция 1 – д. Ставки, 6,3 км выше сброса; станция 2 – д. Глинное, 1,5 км выше сброса; станция 3 – д. Ручевые, мелиоративная канава (р. Вьюновка), 1,2 км ниже отстойников, 0,5 км до впадения в р. Виляя; станция 4 – р. Виляя, д. Доманово, 5,7 км ниже сброса; станция 5 – д. Мамаи, 11,9 км ниже сброса; станция 6 – д. Шведы, 21,0 км ниже сброса.

Всего в р. Виляя в районе г. Вилейки было выявлено 92 вида и форм представителей макрозообентосного и плейстонного комплексов, относящихся к трем типам беспозвоночных животных: Mollusca – 15, Annelida – 2 и Arthropoda – 75.

Анализ видового состава показал, что на всех изученных станциях видовое богатство было достаточно стабильным – 29–30 видов. Исключение составляла станция 3 (мелиоративный канал ниже сброса сточных вод). На этой станции отмечено всего 11 видов гидробионтов. Важнейшие индикаторные группы представлены только одним видом ручейников, а веснянки и поденки вообще отсутствуют. В то же время численность животных очень высокая – 1168 особей. Особенно это касалось представителей *Diptera* и *Oligochaeta*. Численность двукрылых составила более 80, а олигохет – более 11 %, что характерно для загрязненных вод.

Среди выявленных водных беспозвоночных наибольший интерес представляет находка интерстициального вида – *Synurella ambulans* (F. Müller, 1846), включенная в Приложение к Красной книге Республики Беларусь как вид, требующий дополнительного изучения и внимания в целях профилактической охраны (категория DD) [23]. *Synurella ambulans* является древнепресноводным видом североамериканского происхождения. Ледниковую эпоху пережил благодаря проникновению в подземные воды. Присутствие этого вида в экосистеме часто указывает на родниковый тип питания водоема [24]. Этот вид охраняется в Чехии, категория охраны VU [25]. Обнаружены также виды *Bithynia leachi* (Sheppard, 1823) и *Physa fontinalis* (Linnaeus, 1758), включенные в Красный лист Чешской Республики [19].

На основании видового состава таксономических групп и их индикаторной значимости были рассчитаны значения модифицированного индекса Вудивисса на изученных станциях отбора проб горячей точки «Вилейка водоканал» (табл. 8).

Как видно из табл. 8, невысокое экологическое качество воды получено только для спрямленной р. Вьюновка (станция 3), которая является водоприемником сточных вод г. Вилейки. Для остальных станций отбора проб характерен первый и второй класс качества воды. Таким образом, сточные воды г. Вилейки оказывают выраженное отрицательное влияние только на водоприемник сточных вод р. Вьюновка и существенно не влияют на экологическое качество р. Виляя.

Т а б л и ц а 8. Экологическое качество воды р. Неман при воздействии горячей точки «Вилейка водоканал»  
 T a b l e 8. Ecological water quality of the river Neman from the impact of the “Vileyka vodokanal” hot spot

№ станции	Координаты местоположения станции	Число видов в таксономической группе			N	EVI	Класс чистоты воды
		<i>Pl</i>	<i>Eph</i>	<i>Tr</i>			
1	54°28'46.31"С 26°55'27.83"В	0	1	6	24	7	2. Хорошая
2	54°27'13.98"С 26°54'1.13"В	0	1	5	18	6	2. Хорошая
3	54°27'42.77"С 26°52'33.74"В	0	0	1	10	4	3. Невысокая
4	54°25'42.22"С 26°50'24.35"В	1	1	6	24	8	1. Высокая
5	54°25'22.10"С 26°46'59.73"В	1	1	3	24	8	1. Высокая
6	54°25'11.71"С 26°42'5.69"В	0	1	5	21	6	2. Хорошая

**Заключение.** Идентификация видового состава макрозообентоса изученных станций рек Немана и Вилейки показала, что в этих реках обитают редкие и охраняемые в ряде стран Европы виды гидробионтов. Среди них моллюски, жесткокрылые, ручейники, ракообразные [19–22]. Бокоплав *Synurella ambulans* (F. Müller, 1846) включен в Приложение к Красной книге Республики Беларусь, категория DD [23].

Изучение видового состава макрозообентоса р. Неман показало, что здесь отсутствует самая приоритетная индикаторная группа гидробионтов – веснянки. В районе г. Гродно не отмечено и второй индикаторной группы – поденок. Третья индикаторная группа – ручейники – представлена одним видом и только на одной станции отбора проб. В районе г. Столбцы поденки и ручейники присутствуют на всех станциях отбора проб. В р. Виляя присутствуют все три основные индикаторные группы гидробионтов.

Кроме различий видового состава выявлена существенная разница в численности особей видов разной экологической значимости. Так, для г. Гродно на значительном удалении от действия сточных вод, вблизи белорусско-литовской границы, отмечена большая численность для комплекса видов малощетинковых червей – видов переработчиков. В то же время на этих же станциях обнаружено большое число таксономических групп гидробионтов. Подобные различия между видовым богатством и численностью разных экологических групп макрозообентоса можно объяснить не столько влиянием сточных вод, сколько, согласно теории речного континуума [26], сменой сообществ гидробионтов вдоль течения реки в соответствии с изменением физических факторов, когда биота реки закономерно меняется вдоль речного русла в верхнем, среднем и нижнем течении.

Влияние горячих точек «Столбцы водоканал» и «Вилейка водоканал», рассчитанное на основе биотических индексов, практически не сказывается на экологическом качестве воды рек Неман и Виляя даже вблизи сброса сточных вод. Для р. Неман такую ситуацию можно объяснить высокой степенью разбавления сточных вод с очистных сооружений г. Столбцы. Сброс сточных вод с очистных сооружений г. Вилейка осуществляется в р. Вьюновка, где происходит частичное самоочищение воды до ее попадания в р. Виляя. Влияние горячей точки «Гродно водоканал» проявляется только на протяжении 1 км вдоль течения р. Неман непосредственно после сброса сточных вод.

Таким образом, можно считать, что воздействие сточных вод городов Гродно, Столбцы и Вилейки имеет весьма локальное значение и слабо влияет на экологическое качество воды рек Неман и Виляя.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке подпрограммы 01 «Рациональное природопользование и инновационные технологии глубокой переработки природных ресурсов» ГНТП «Природопользование и экологические риски» на 2016–2020 гг.

**Acknowledgements.** This work was financially supported by subprogram 01 “Rational use of natural resources and innovative technologies for the deep processing of natural resources” of the State Scientific and Technical Program “Nature Management and Environmental Risks” for 2016–2020.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Hassal, A. N. A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and the suburban districts / A. N. Hassal. – London : Samuel Highley, 1850. – 69 p.
2. Knopp, H. Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erlautert an einem Gutelangsschnitt des Maines / H. Knopp // Wasserwirtschaft. – 1954. – Jg. 45. – S. 9–15.
3. Knopp, H. Grundsätzliches zur Frage biologischer Vorfluteruntersuchungen erlautet an einem Gutelangsschnitt des Mains / H. Knopp // Arch. Hydrobiol. – 1955. – Suppl. 22, Bd. 3/4. – S. 363–368.
4. Liebmann, H. Handbuch der Frischwasser und Adwasserbiologie / H. Liebmann. – Munich : R. Oldenburg, 1951. – Bd. 1. – 539 S.
5. Sládeček, V. System of water quality from the biological point of view / V. Sládeček. – Stuttgart : Schweizerbart, 1973. – 218 p.
6. Zelinka, M. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer / M. Zelinka, P. Marvan // Arch. Hydrobiol. – 1961. – Bd. 57, H. 3. – S. 389–407.
7. Shannon, C. E. A mathematical theory of communication / C. E. Shannon // Bell Syst. Tech. J. – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423, 623–656.
8. Woodiwiss, F. S. The biological system of stream classification used by the Trent River board / F. S. Woodiwiss // Chemistry and Industry. – 1964. – Vol. 11. – P. 443–447.
9. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг: ТКП. 17.13-XX-201X (02120) // Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем / Минприроды. – Минск, 2017. – 17 с.
10. Байчоров, В. М. Экологическое качество воды трансграничных рек Полесского региона (Беларусь – Украина) / В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк // Проблемы Полесья : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, сентябрь 2016 г. – Минск, 2016. – С. 76–79.
11. Мороз, М. Д. Видовой состав водных беспозвоночных трансграничных водотоков между Беларусью и Литвой / М. Д. Мороз, В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк // Природ. ресурсы. – 2017. – № 1. – С. 47–53.
12. Мороз, М. Д. Фауна водных беспозвоночных водотоков Национального парка «Беловежская пуща» / М. Д. Мороз, В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк // Журн. БГУ. Биология. – 2017. – № 3. – С. 68–75.
13. Байчоров, В. М. Оценка экологического состояния речных экосистем от воздействия городских стоков на основе индикаторных групп макрозообентоса / В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах : материалы 1-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15–18 окт. 2018 г. / ред.: А. В. Кулак [и др.]. – Минск, 2018. – С. 44–49.
14. Мороз, М. Д. Видовой состав водных беспозвоночных реки Вилии / М. Д. Мороз, В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк // Вес. НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 4. – С. 401–408.
15. 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 // Offic. J. Eur. Commun. – 2000. – L 327. – P. 1–72.
16. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149&p1=1>. – Дата доступа: 05.12.2019.
17. Taylor, D. W. Introduction to Physidae (Gastropoda, Hygrophila); biogeography, classification, morphology / D. W. Taylor // Revista de Biologia Tropical. – 2003. – Vol. 51. – Suppl. 1. – P. 1–263, 265–287.
18. Лаенко, Т. М. Фауна водных моллюсков Беларуси / Т. М. Лаенко. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 128 с.
19. Beran, L. Mollusca (měkkýši) / L. Beran, L. Juříčková, M. Horská // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí / eds. J. Farač, D. Král, M. Škorpík. – Praha, 2005. – P. 69–74.
20. Красные книги. Законодательство в сфере охраны животного и растительного мира [Электронный ресурс] // Особо охраняемые природные территории России. – Режим доступа: <http://oort.aari.ru/rbdata>. – Дата доступа: 05.12.2019.
21. Sneli, J.-A. Bløtdyr Mollusca / J.-A. Sneli, J. Evertsen, P. Joothannessen // Norsk Rødliste for arter 2010 = The Norwegian Red List for Species. – Artstbanken, 2010. – P. 382–383.
22. Szczygły, B. Czuściki (Trichoptera) / B. Szczygły // Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce / Instytut Ochrony Przyrody PAN ; red. Z. Głowaciński. – Kraków, 2002. – P. 76–79.
23. Красная книга Республики Беларусь. Животные: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / И. М. Кочановский [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. энцыкл., 2015. – 317 с.
24. Бентосные животные родниковых экосистем Национального парка «Браславские озера» / М. Д. Мороз [и др.] // Вес. Нац. акад. навук. Сер. біял. навук. – 2007. – № 4. – С. 100–106.
25. Ďuriš, S. Amphipoda (různonožci) / S. Ďuriš, I. Horská // Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí / eds. J. Farač, D. Král, M. Škorpík. – Praha, 2005. – P. 102–103.
26. The river continuum concept / R. L. Vannote [et al.] // Can. J. Fish. Aquatic Sci. – 1980. – Vol. 37, N 1. – P. 130–137. <https://doi.org/10.1139/f80-017>

## References

1. Hassal A. N. *A microscopic examination of the water supplied to the inhabitants of London and the suburban districts*. London, Samuel Highley, 1850. 69 p.
2. Knopp H. Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erlautert an einem Gutelangsschnitt des Maines. *Die Wasserwirtschaft*, 1954, Jg. 45, S. 9–15.

3. Knopp H. Grundsätzliches zur Frage biologischer Vorfluterungen erlaudet an einem Gütelangsschnitt des Mains. *Archiv für Hydrobiologie*, 1955, Suppl. 22, Bd. 3/4, S. 363–368.
4. Liebmann H. *Handbuch der Frischwasser und Adwasserbiologie. Bd. I.* Munich, R. Oldenburg, 1962. 539 S.
5. Sládeček V. *System of water quality from the biological point of view.* Stuttgart, Schweizerbart, 1973. 218 p.
6. Zelinka M., Marvan P. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. *Archiv für Hydrobiologie*, 1961, Bd. 57, H. 3, S. 389–407.
7. Shannon E. E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 1948, vol. 27, pp. 379–423, 623–656.
8. Woodiwiss F. S. The biological system of stream classification used by the Trent River board. *Chemistry and Industry*, 1964, vol. 11, pp. 443–447.
9. Environmental protection and nature management. Analytical control and monitoring. *Rules for determining the ecological (hydrobiological) status of river ecosystems.* Ministry of Natural Resources, TCP. 17.13-XX-201X (02120). Minsk, 2017. 17 p. (in Russian).
10. Baichorov V. M., Giginyak Yu. G. Ecological water quality of transboundary rivers of the Polesie region (Belarus – Ukraine). *Problemy Poles'ya: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, sentyabr' 2016 goda* [Problems of Polesie: Materials of the International scientific and practical conference, Minsk, September 2016]. Minsk, 2016, pp. 76–79 (in Russian).
11. Moroz M. D., Baichorov V. M., Giginyak Yu. G. The species composition of aquatic invertebrates of transboundary watercourses between Belarus and Lithuania. *Prirodnye resursy* [Natural resources], 2017, no. 1, pp. 47–53 (in Russian).
12. Moroz M. D., Baichorov V. M., Giginyak Yu. G. Fauna of aquatic invertebrate watercourses of the National Park “Belovezhskaya Pushcha”. *Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Journal of the Belarusian State University. Biology*, 2017, no. 3, pp. 68–75 (in Russian).
13. Baichorov V. M., Giginyak Yu. G. Assessment of the ecological state of river ecosystems from the impact of urban runoff based on indicator groups of macrozoobenthos. *Aktual'nye problemy okhrany zhitovnogo mira v Belarusi i sopredel'nykh regionakh: materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Minsk, 15–18 oktyabrya 2018 goda)* [Current challenges in Belarus and adjacent regions wildlife protection: Materials of the I International scientific and practical conference (Minsk, October 15–18, 2018)]. Minsk, 2018, pp. 44–49 (in Russian).
14. Moroz M. D., Baichorov V. M. Fauna of aquatic invertebrates of the Viliya river. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2018, vol. 63, no. 4, pp. 401–408 (in Russian).
15. 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. *Official Journal of the European Communities*, 2000, L 327, pp. 1–72.
16. The Water Code of the Republic of Belarus. *National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus.* Available at: <http://www.pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149&p1=1> (accessed 05.12.2019) (in Russian).
17. Taylor D. W. Introduction to Physidae (Gastropoda, Hygrophila); biogeography, classification, morphology. *Revista de Biologia Tropical*, 2003, vol. 51, suppl. 1, pp. 1–263, 265–287.
18. Laenko T. M. *Fauna of aquatic mollusks of Belarus.* Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2012. 128 p. (in Russian).
19. Beran L., Juřičrová L., Horsák M. Mollusca (měkkýši) *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí.* Praha, 2005, pp. 69–74.
20. Red books. Legislation in the field of conservation of flora and fauna. *Specially Protected Natural Territories of Russia.* Available at: <http://oopt.aari.ru/rbdata> (accessed 05.12.2019) (in Russian).
21. Sneli J.-A., Evertsen J., Joohannessen P. Bløtdyr Mollusca. *Norsk Rødliste for arter 2010 = The Norwegian Red List for Species.* Artstabenken, 2010, pp. 382–383.
22. Szczęsny B. Chruściki (Trichoptera). *Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce.* Kraków, 2002, pp. 76–79 (in Polish).
23. Kachanovskii I. M., Nikiforov M. E., Parfenov V. I., Borodin O. I., Pugachevskii A. V., Baichorov V. M. [et al.]. *The Red Book of the Republic of Belarus. Animals.* Minsk, Belorusskaya Entsyklopedyya I. P. Brouki, 2015. 320 p.
24. Moroz M. D., Baichorov V. M., Tishchikov I. G., Toropov V. V. Benthic animals of spring ecosystems of the Braslav Lakes National Park. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2007, no. 1, pp. 100–106 (in Russian).
25. Ďuriš S., Horká I. Amphipoda (různonožci) *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí.* Praha, 2005, pp. 102–103.
26. Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C. E. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1980, vol. 37, pp. 130–137. <https://doi.org/10.1139/f80-017>

### Информация об авторах

Баїчорав Влaдaмaр Мухтaрoвaч – д-р бaлaг. нaуk, зaвeдyючaя сeктoрoм. Нaучнo-пpaктичeскaя цeнтp НAН Бeлaрyсa пo бaлaг. рeсyрcaм (yл. Aкaдeмичeскaя, 27, 220072, г. Mинск, Рeспyблaкa Бeлaрyсь). E-mail: vbaitch@gmail.com

### Information about the authors

Vladimir M. Baichorov – D. Sc. (Biol.), Head of the sector. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vbaitch@gmail.com

*Гигиняк Юрий Григорьевич* – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: antarctida\_2010@mail.ru

*Мороз Михаил Дмитриевич* – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: mdmoroz@bk.ru

*Гигиняк Ирина Юрьевна* – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: i.giginyak@gmail.com

*Корзун Егор Викторович* – ст. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: natrx109@gmail.com

*Yuri G. Giginyak* – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: antarctida\_2010@mail.ru

*Michael D. Moroz* – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mdmoroz@bk.ru

*Irina J. Giginyak* – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: i.giginyak@gmail.com

*Egor V. Korzun* – Senior researcher. Scientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: natrx109@gmail.com