

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 591.9(28):504.064.47:(282.247.23)

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-135-146>

Поступила в редакцию 25.11.2020

Received 25.11.2020

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 РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. В определении качества поверхностных вод и состояния водных экосистем, в первую очередь рек, наряду с физическим и химическим загрязнением все большее значение приобретает анализ гидробиологической составляющей. Целью работы являлась оценка экологического качества речных экосистем при сбросе сточных вод городов Витебск, Полоцк и Новополоцк в р. Западная Двина на основе изучения сообщества макрозообентоса.

В исследованных речных створах обитают редкие для Беларуси и охраняемые в Европе виды гидробионтов. Отмечена относительно высокая численность (от 30 до 80 %) реофильных видов Plecoptera, Ephemeroptera и Trichoptera, которые представляют три самые приоритетные индикаторные группы гидробионтов. Определены биотические индексы и рассчитан класс чистоты воды р. Западная Двина. В соответствии с Водной рамочной директивой ЕС качество воды на изученных станциях можно отнести к классам с хорошей и высокой чистотой воды. Сделан вывод, что негативное воздействие сточных вод городов Витебск, Полоцк и Новополоцк имеет весьма локальное значение и оказывает слабое влияние на биоту и экологическое качество воды р. Западная Двина.

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

Для цитирования: Изменение экологического качества воды реки Западная Двина в результате воздействия городских сточных вод / В. М. Байчоров [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 135–146. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-1-135-146>

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

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

CHANGE IN ECOLOGICAL WATER QUALITY OF WEST DVINA RIVER UNDER THE IMPACT OF URBAN WASTE WATER

Abstract. In determining the quality of surface waters and, first of all, rivers, along with physical and chemical pollution, the analysis of the hydrobiological component of river ecosystems is becoming increasingly important. The aim of the work was to assess the ecological quality of the river ecosystems from the impact of wastewater discharge from the cities of Vitebsk, Polotsk and Novopolotsk on the Western Dvina River based on the macrozoobenthos community.

The studied river sections are inhabited by rare for Belarus and protected in Europe species of aquatic organisms. A relatively high abundance (from 30 to 80 %) of the group of rheophilic species Plecoptera, Ephemeroptera, and Trichoptera was noted, which represent the three highest priority indicator groups of aquatic organisms. Biotic indices and the water purity class of the r. Western Dvina were determined. In accordance with the EU Water Framework Directive, the water purity class at the studied stations has a good and high value. It is concluded that the negative impact of wastewater from the cities of Vitebsk, Polotsk and Novopolotsk has a very local significance and weakly affects the biota and the ecological quality of the water of the Western Dvina River already at a distance of 18 km. below the discharge of water from the treatment facilities of the Novopolotsk refinery.

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

For citation: Baitchorov V. M., Giginyak Yu. G., Moroz M. D., Giginyak I. J., Korzun E. V. Change in ecological water quality of West Dvina River under the impact of urban waste water. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya byyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2021, vol. 66, no. 2, pp. 135–146 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-2-135-146>

Введение. Западная Двина является трансграничной рекой и протекает по территории трех стран: России, Беларуси и Латвии. На территории Беларуси р. Западная Двина принимает сточные воды от таких индустриально развитых городов, как Витебск, Полоцк и Новополоцк. Сброс

сточных вод Новополоцкого нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) осуществляется в пределах 80-километровой зоны от государственной границы Беларусь – Латвия.

Традиционно качество поверхностных вод определялось гидрофизическими и гидрохимическими показателями – предельно допустимой концентрацией и предельно допустимым выбросом. Определение этих показателей не дает ответа на вопрос об экологическом состоянии водных экосистем, в то время как применение биологического подхода позволяет напрямую оценить экологическое качество при воздействии загрязняющих веществ.

Долгое время для оценки качества воды биологический подход был основан на использовании сапробной валентности вида индикатора [1–6]. Однако она применима только в случае значимого преобразования биотопа и мало эффективна при фоновых значениях гидрофизических и гидрохимических показателей. Поэтому в настоящее время все чаще используются индексы биологического разнообразия [7, 8]. Так, например, в Беларуси для оценки качества речных экосистем применяют модифицированный индекс Вудивисса [9], который сочетает показательные качества организмов-индикаторов и значения биологического разнообразия (количество таксономических групп макрозообентосного сообщества).

Несмотря на достаточно большое количество гидробиологических исследований речных экосистем Беларуси [10–14], практически отсутствует биоиндикационная оценка изменения экологического качества поверхностных вод в результате сброса сточных вод и поверхностного стока горячих точек (городов) на речные экосистемы по принципу «вверх – вниз по течению».

Цель работы – определение экологического качества речных экосистем в результате воздействия горячих точек «Витебск водоканал» и «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ» на экологическое качество р. Западная Двина по принципу «вверх – вниз по течению» на основе биоиндикационной оценки макрозообентоса.

Задачи исследования: определение видового состава таксономических групп макрозообентоса, расчет биотических индексов и класса чистоты речных экосистем в результате воздействия городских сточных вод, включая Новополоцкий НПЗ.

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

Материалы и методы исследования. Материалом для настоящей работы послужил комплекс макрозообентоса речных экосистем р. Западная Двина. Был определен состав макрозообентоса на 13 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]. Полевые исследования были выполнены весной 2017 г.

Отбор гидробиологических проб. Отбор проб осуществляли методом траления в прибрежной части реки при помощи стандартного гидробиологического сачка. Методика отбора проб проведена согласно Европейскому протоколу AQEM и стандарту ISO 7828. Кроме того, на каменистых грунтах и в местах развития макрофитов производили выемку камней и коряг с их последующим осмотром и отбором 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], основанный на уменьшении разнообразия фауны в условиях загрязнения и на характерной последовательности исчезновения из водоема разных групп животных по мере увеличения загрязнения. Используемый нами модифицированный биотический индекс Вудивисса [9] предполагает сбор только качественных проб, без учета обилия животных, и допускает определение животных 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).

Таблица 1. Расчет модифицированного биотического индекса Вудивисса (Extended biotic index) согласно ТКП «Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем» [9]

Table 1. Calculation of the Extended biotic index according to the TCP “Rules for determining the ecological (hydrobiological) status of river ecosystems” [9]

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

Как видно из табл. 1, самые высокие биоиндикационные свойства у представителей групп Plecoptera (веснянки), Ephemeroptera (поденки), Trichoptera (ручейники).

Существует много систем оценки качества поверхностных вод. В табл. 2 интеркалибровка значений индекса Вудивисса, характеристика и цветовое отображение класса чистоты воды приведены в соответствии с системой, применяемой в Беларуси, и системой, приближенной к рекомендациям Водной рамочной директивы ЕС.

Таблица 2. Система оценки качества воды (национальная и по рекомендациям Водной рамочной директивы ЕС [9, 15, 16]) 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 [9, 15, 16]) 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 «Витебск водоканал». Идентификация видового состава макрозообентоса для оценки экологического качества воды р. Западная Двина от воздействия горячей точки «Витебск водоканал» была выполнена для 5 станций отбора проб (табл. 3).

Таблица 3. Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп макрозообентоса для расчета значений модифицированного индекса Вудивисса на станциях отбора проб горячей точки «Витебск водоканал»

Table 3. The species composition and identification level of taxonomic groups of macrozoobenthos for calculating the values of the Extended biotic Index at sampling stations of the “Vitebsk vodokanal” hot spot

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе				
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5
1. Nematoda (до класса)	–	–	–	–	–
2. Tricladidae (до рода)	–	–	–	–	–
3. Oligochaeta (без Naididae) (до класса)					
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	3	–	–	–	1
<i>Oligochaeta gen. spp.</i>	–	3	32	12	10

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе				
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5
4. Naididae (до семейства)	–	–	–	–	–
5. Hirudinea (до рода)					
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	–	–
<i>Glossiphonia heteroclita</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	1	–
<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	–	–	1
<i>Hemiclepsis marginata</i> (O. F. Müller, 1774)	–	–	–	1	–
6. Mollusca (до рода)					
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	27	–
<i>Lithoglyphus naticoides</i> (Pfeiffer, 1828)	–	–	–	301	–
<i>Galba truncatula</i> (O. F. Müller, 1774)	–	–	–	–	1
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	1
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	1	1
7. Crustacea (до рода)					
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	4	–	–
8. Hydrachnidae (до семейства)					
Hydrachnidae gen. spp.	–	–	2	3	–
9. Megaloptera (до рода)					
10. Odonata (до рода)					
<i>Calopteryx virgo</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	3	1
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)	–	–	–	–	2
<i>Coenagrion</i> sp.	–	–	–	–	2
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	–	–	–	–	1
11. Plecoptera (до рода)					
<i>Siphonoperla burmeisteri</i> (Pictet, 1841)	–	3	4	–	1
<i>Nemoura cinerea</i> (Retzius, 1783)	7	4	4	4	1
12. Ephemeroptera (до рода), за исключением сем. Baetidae и Caenidae					
<i>Siphonurus aestivalis</i> (Eaton, 1903)	9	99	24	3	62
<i>Potamanthus luteus</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	–	1	–
<i>Heptagenia fuscogrisea</i> (Retzius, 1783)	21	8	2	1	11
<i>Heptagenia</i> sp.	2	–	–	–	–
<i>Leptophlebia marginata</i> Linnaeus, 1767	10	5	–	2	5
<i>Leptophlebia vespertina</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	1	–	–
<i>Ephemerella ignita</i> (Poda, 1761)	–	–	1	–	–
13. Heteroptera (до рода)					
<i>Notonecta glauca</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	–	–
<i>Aphelocheirus aestivalis</i> (Fabricius, 1794)	–	–	1	–	–
<i>Gerris lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	1
<i>Gerris odontogaster</i> (Zetterstedt, 1828)	–	–	1	–	–
14. Lepidoptera (до рода)					
15. Coleoptera (до рода)					
<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774)	2	–	–	–	–
<i>Macronychus quadrituberculatus</i> (Müller, 1806)	–	–	–	1	–
<i>Oulimnius</i> sp.	–	–	–	1	–
<i>Elmidae</i> gen. spp.	–	2	1	–	–
16. Trichoptera , сем. Baetidae и Caenidae (до рода)					
<i>Baetis digitatus</i> Bengtsson, 1912	57	149	89	57	19
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1845)	–	–	17	–	–
<i>Baetis vernus</i> Curtis, 1834	301	43	986	19	4
<i>Cloeon simile</i> Eaton, 1870	2	–	3	–	–
<i>Centroptilum luteolum</i> (Müller, 1776)	359	421	37	416	41
<i>Caenis horaria</i> Linnaeus, 1758	–	–	–	2	2
<i>Caenis macrura</i> Stephens, 1835	–	–	–	1	–

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе				
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5
<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)	–	–	1	–	–
<i>Anabolia</i> sp.	3	8	1	–	–
<i>Limnephilus fuscineris</i> (Zetterstedt, 1840)	–	1	–	–	–
<i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	1	–	–
<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton, 1873	1	2	1	–	–
<i>Oxyethira</i> sp.	2	1	–	–	–
<i>Hydroptila</i> sp.	2	–	4	–	–
17. Diptera (до семейства)					
<i>Centropogonidae</i> gen. spp.	2	–	–	1	–
<i>Chironomidae</i> gen. spp.	13	4	4	24	9
<i>Simuliidae</i> gen. spp.	1	2	133	–	–

Примечание. Здесь и в табл. 4: станция 1 – д. Лужесно, 16,5 км выше сброса; станция 2 – г. Витебск, 0,7 км выше сброса; станция 3 – г. Витебск, 0,32 км ниже сброса; станция 4 – г. Витебск, заказник «Чертова борода», 3,9 км ниже сброса; станция 5 – д. Будилово, 37,8 км ниже сброса.

Проведенные исследования окрестностей г. Витебск позволили выявить 53 таксона представителей макрозообентосного и плейстонного комплексов водных животных, относящихся к трем типам беспозвоночных: Mollusca – 5 видов; Annelida – 6, Arthropoda – 42 вида.

В целом, в районе исследований отмечена достаточно высокая численность группировки реофильных видов (Plecoptera, Ephemeroptera и Trichoptera) – 84,4 % от всех выявленных водных беспозвоночных. В то же время относительная численность в пробах так называемых видов переработчиков – малощетинковых червей (*Oligochaeta* gen. spp.) и комаров звонцов (*Chironomidae* gen. spp.) – составила только 1,5 и 1,4 % соответственно. Наибольшая численность этих групп гидробионтов отмечена на станции 3 сразу после сброса сточных вод. Высокая численность реофильных видов и низкая малощетинковых червей и двукрылых насекомых указывают на достаточно высокое качество воды р. Западная Двина в пределах г. Витебск.

Среди выявленных водных беспозвоночных животных наибольший интерес представляют находка на станциях 2, 3 и 5 личинок редкого вида веснянки – *Siphonoperla burmeisteri* (Pictet, 1841), и находка на станции 4 (заказник «Чертова борода») вида вселенца – моллюска *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828).

Веснянка *Siphonoperla burmeisteri* (сем. Siphonuridae) ранее была отмечена только в пяти точках на территории Беларуси [17]. Этот вид встречается в Скандинавии, Финляндии, Польше, Литве, а на восток распространен до Урала [18]. Личинки обитают в быстрых реках и крупных ручьях, на севере – в озерах, но не поднимаются выше субальпийской зоны в горах. Данный вид относится к арктическим видам, проникшим дальше на юг во время оледенений [19]. Вид включен в Красный список Эстонии [20].

Моллюск *Lithoglyphus naticoides* (сем. Hydrobiidae) занимал обширный ареал в пресноводных водоемах от Западной Европы до Западной Сибири [21, 22].

Моллюск *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) [23] включен в Красный лист Чешской Республики.

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

Таблица 4. Экологическое качество воды р. Западная Двина в результате воздействия горячей точки «Витебск водоканал»

Table 4. Ecological water quality of the West Dvina River from the impact of the “Vitebsk vodokanal” hot spot

№ ст.	Координаты	Pl	Eph	Tr	N	EBI	Класс чистоты (качество воды)
1	55°14'54.41"С 30° 7'58.01"В	1	3	8	18	7	2 (хорошее)

№ ст.	Координаты	Pl	Eph	Tr	N	EVI	Класс чистоты (качество воды)
2	55° 9'45.58"С 30° 8'0.36"В	2	3	6	15	8	1 (высокое)
3	55° 9'28.31"С 30° 7'10.99"В	2	4	8	24	9	1 (высокое)
4	55° 9'52.90"С 30° 4'13.53"В	1	4	3	20	7	2 (хорошее)
5	55° 6'42.87"С 29°43'5.80"В	2	3	3	18	8	1 (высокое)

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

Из табл. 4 видно, что по экологическому качеству вода р. Западная Двина относится к классам чистоты 1, 2 как до, так и непосредственно после сброса сточных вод (станция 3), а также на удалении до 40 км от места сброса (станция 5). Таким образом, сточные воды г. Витебск не оказывают выраженного отрицательного влияния на р. Западная Двина.

Горячая точка «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ». Сточные воды городов Полоцк, Новополоцк, а также Новополоцкого НПЗ имеют единую систему очистки и сброса сточных вод, которая осуществляется через сбросной коллектор Новополоцкого НПЗ. Поэтому оценка видового состава гидробионтов и качества воды р. Западная Двина была выполнена в границах речного континуума на протяжении 50-километрового участка, включающего воды городов Полоцк, Новополоцк и Новополоцкого НПЗ и прилегающие выше и ниже по течению участки реки (30 км выше и 20 км ниже сбросного коллектора Новополоцкого НПЗ).

Идентификация видового состава макрозообентоса для оценки экологического качества воды р. Западная Двина от воздействия горячей точки «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ» была выполнена для 8 станций отбора проб (табл. 5).

Таблица 5. Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп макрозообентоса для расчета значений модифицированного индекса Вудивисса на станциях отбора проб горячей точки «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ»

Table 5. The species composition and identification level of taxonomic groups of macrozoobenthos for calculating the values of the Extended biotic Index at sampling stations of the “Polotsk vodokanal – Novopolotsk oil refinery” hot spot

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе							
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6	Ст. 7	Ст. 8
1. Nematoda (до класса)	–	–	–	–	–	–	–	–
2. Tricladidae (до рода)	–	–	–	–	–	–	–	–
3. Oligochaeta (без Naididae) (до класса)								
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	–	12	1	–	–	1	4	–
<i>Oligochaeta gen. spp.</i>	19	86	14	13	16	45	–	6
4. Naididae (до семейства)	–	–	–	–	–	–	–	–
5. Hirudinea (до рода)								
<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1761)	–	1	–	–	–	–	–	–
6. Mollusca (до рода)								
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	–	16	–	3	–	2	2	–
<i>Lithoglyphus naticoides</i> (Pfeiffer, 1828)	–	3	7	51	–	12	–	14
<i>Galba truncatula</i> (O. F. Müller, 1774)	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	–	–	1	–	–
<i>Radix balthica</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	–	–	9	–	–	–
<i>Stagnicola corvus</i> (Gmelin, 1791)	–	–	–	–	–	1	–	–
7. Crustacea (до рода)								
<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	1	–	–	–	–	–
<i>Gammarus varsoviensis</i> (Jazdzewski, 1975)	2	–	–	–	2	–	2	–

Продолжение табл. 5

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе							
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6	Ст. 7	Ст. 8
8. Hydrachnidae (до семейства)	–	–	–	–	–	2	–	–
9. Megaloptera (до рода)	–	–	–	–	–	–	–	–
10. Odonata (до рода)								
<i>Calopteryx virgo</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	2	–	5	–	–	5
<i>Calopteryx splendens</i> (Harris, 1782)	–	–	–	–	–	–	3	16
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1825)	–	–	–	–	2	1	–	1
<i>Coenagrion</i> sp.	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	–	–	–	–	–	–	2	–
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)	–	–	–	–	1	2	8	16
<i>Gomphus vulgatissimus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	–	–	1	–
11. Plecoptera (до рода)								
<i>Siphonoperla burmeisteri</i> (Pictet, 1841)	4	–	–	1	–	–	–	–
<i>Nemoura cinerea</i> (Retzius, 1783)	–	–	–	1	–	–	1	–
12. Ephemeroptera (до рода), за исключением сем. Baetidae и Caenidae								
<i>Siphonurus aestivalis</i> (Eaton, 1903)	–	22	10	1	1	4	8	–
<i>Leptophlebia marginata</i> Linnaeus, 1767	2	2	1	–	7	5	2	–
<i>Heptagenia fuscogrisea</i> (Retzius, 1783)	–	–	4	2	1	–	2	1
<i>Heptagenia</i> sp.	–	–	–	1	–	–	–	4
13. Heteroptera (до рода)								
<i>Sigara falleni</i> (Fieber, 1848)	1	–	–	–	–	3	6	–
<i>Sigara striata</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	–	–	–	–	–	–
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	–	1	–	1
<i>Aphelocheirus aestivalis</i> (Fabricius, 1794)	–	–	–	1	–	–	–	1
<i>Hesperocorixa sahlbergi</i> (Fieber, 1848)	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>Gerris argentatus</i> Schummel, 1832	–	–	–	1	–	–	–	–
<i>Gerris lacustris</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	1	1	–	2	1
14. Lepidoptera (до рода)	–	–	–	–	–	–	–	–
15. Coleoptera (до рода)								
<i>Haliplus</i> sp.	–	–	–	–	1	–	–	1
<i>Peltodytes caesus</i> (Duftschmid, 1805)	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774)	7	1	–	–	1	9	–	–
<i>Helochares obscurus</i> (Müller, 1776)	–	–	–	–	–	–	1	1
<i>Oulimnius</i> sp.	1	–	–	–	–	3	13	–
16. Trichoptera , сем. Baetidae и Caenidae (до рода)								
<i>Baetis digitatus</i> Bengtsson, 1912, сем. Baetidae	–	–	–	6	–	–	–	7
<i>Baetis vernus</i> (Curtis, 1834), сем. Baetidae	–	12	11	33	–	–	40	42
<i>Cloeon simile</i> (Eaton, 1870), сем. Baetidae	3	4	–	–	–	–	3	1
<i>Centroptilum luteolum</i> (Müller, 1776), сем. Baetidae	–	4	2	3	2	1	2	1
<i>Caenis horaria</i> (Linnaeus, 1758), сем. Caenidae	–	1	1	1	–	–	3	–
<i>Caenis macrura</i> (Stephens, 1835), сем. Caenidae	–	–	–	–	–	–	2	–
<i>Anabolia</i> sp.	2	–	–	2	–	1	1	1
<i>Limnephilus borealis</i> (Zetterstedt, 1840)	–	–	–	–	–	–	–	1
<i>Limnephilus politus</i> McLachlan, 1865	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>Limnephilus rhombicus</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	–	–	–	–	–	–
<i>Agraylea</i> sp.	–	1	1	–	–	–	4	–
<i>Hydroptila</i> sp.	–	2	2	1	–	1	6	1
<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton, 1873	–	–	–	–	–	–	2	1
<i>Oxyethira</i> sp.	–	–	–	–	–	–	1	1
17. Diptera (до семейства)								
<i>Centropogonidae</i> gen. spp.	1	4	–	6	–	19	1	–

Видовой состав и уровень идентификации таксономических групп	К-во особей в пробе							
	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	Ст. 6	Ст. 7	Ст. 8
<i>Chironomidae gen. spp.</i>	11	88	12	31	12	68	4	8
<i>Limoniidae gen. spp.</i>	–	–	–	2	–	2	1	1
<i>Simuliidae gen. spp.</i>	–	–	–	–	–	–	36	7

Примечание. Здесь и в табл. 6: станция 1 – д. Слобода, 5 км выше г. Полоцка, 29,2 км выше сброса; станция 2 – д. Чернешино, 5 км ниже г. Полоцка, 18,3 км выше сброса; станция 3 – г. Новополоцк, 14,0 км выше сброса; станция 4 – д. Шнитки, 7,7 км выше сброса; станция 5 – д. Тюльки, 1,1 км ниже сброса; станция 6 – д. Венцево, 3,2 км ниже сброса; станция 7 – д. Рубаново, 10,3 км ниже сброса; станция 8 – д. Дисна, 17,6 км ниже сброса.

Проведенные исследования на участках выше и ниже г. Полоцк позволили выявить в р. Западная Двина 29 таксонов представителей макрозообентосного и плейстонного комплексов водных животных, относящихся к трем типам беспозвоночных: Mollusca – 4 вида; Annelida – 3, Arthropoda – 22 вида и формы.

На участках как выше, так и ниже г. Полоцк отмечена относительно высокая численность группировки реофильных видов (Plecoptera, Ephemeroptera и Trichoptera).

Обращает на себя внимание факт доминирования на станции 2, расположенной ниже г. Полоцк, видов переработчиков, таких как малощетинковые черви (*Oligochaeta gen. spp.*) и комары звонцы (*Chironomidae gen. spp.*), – более 36 и более 30 % соответственно.

Среди выявленных водных беспозвоночных животных, как и для горячей точки «Витебск водоканал», наибольший интерес представляет находка личинок редкого вида веснянки *Siphonoperla burmeisteri* (Pictet, 1841), вида моллюска *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828) и охраняемого в Чешской Республике вида моллюска *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758).

В ходе исследований, проведенных по принципу «вверх – вниз по течению», в зоне влияния г. Новополоцк на р. Западная Двина выявлено 56 таксонов представителей макрозообентосного и плейстонного комплексов водных животных, относящихся к трем типам беспозвоночных: Mollusca – 7, Annelida – 2 и Arthropoda – 47 видов и форм (табл. 5). Отмеченная относительно высокая численность группы реофильных видов (Plecoptera, Ephemeroptera и Trichoptera) – 31,1 % от всех выявленных водных беспозвоночных, очевидно, указывает на достаточно высокое качество воды р. Западная Двина в районе г. Новополоцк. Причем представители Plecoptera встречались и после сброса сточных вод.

В целом в зоне влияния г. Новополоцк по сравнению с зоной влияния г. Полоцк отмечено снижение относительной численности малощетинковых червей (*Oligochaeta gen. spp.*) – до 12,7 % и комаров звонцов (*Chironomidae gen. spp.*) – до 17,1 %. Численность олигохет и личинок хирономид была наиболее высокой на станции 6 возле д. Венцево, расположенной ниже сброса сточных вод.

Как и для г. Полоцка, среди выявленных водных беспозвоночных животных наибольший интерес представляет находка личинок редкого вида веснянки *Siphonoperla burmeisteri* (Pictet, 1841) и моллюска *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828), что выглядит естественным ввиду близкого расположения станций отбора проб.

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

Таблица 6. Экологическое качество воды р. Западная Двина при воздействии горячей точки «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ»

Table 6. Ecological water quality of the West Dvina River from the impact of the “Polotsk vodokanal – Novopolotsk oil refinery” hot spot

№ ст.	Координаты	Pl	Eph	Tr	N	EVI	Класс чистоты (качество воды)
1	55°27'47.05"С 28°52'19.36"В	1	1	3	15	7	2 (хорошее)
2	55°29'58.24"С 28°43'8.20"В	0	2	6	19	7	2 (хорошее)

Окончание табл. 5

№ ст.	Координаты	Pl	Eph	Tr	N	EVI	Класс чистоты (качество воды)
3	55°31'50.13"C 28°40'55.39"В	0	3	5	14	7	2 (хорошее)
4	55°33'39.20"C 28°36'1.47"В	2	2	5	24	8	1 (высокое)
5	55°31'40.87"C 28°29'14.95"В	0	3	1	14	7	2 (хорошее)
6	55°31'53.83"C 28°27'26.07"В	0	2	4	24	8	1 (высокое)
7	55°32'37.11"C 28°21'25.83"В	1	3	9	29	9	1 (высокое)
8	55°33'23.81"C 28°15'2.32"В	0	1	8	23	7	2 (хорошее)

Из табл. 6 видно, что экологическое качество воды р. Западная Двина остается на хорошем и высоком уровнях класса чистоты как непосредственно после сброса сточных вод (станция 5) и в зоне влияния городов Полоцк и Новополоцк, так и на удалении до 30 и 20 км выше и ниже сброса соответственно. Таким образом, сточные воды горячей точки «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ» не оказывают выраженного отрицательного влияния на р. Западная Двина.

Заключение. Идентификация видового состава макрозообентоса р. Западная Двина показала, что среди выявленных водных беспозвоночных животных на станциях отбора проб в зоне влияния обеих горячих точек «Витебск водоканал» и «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ» наибольший интерес представляют редкий вид веснянки – *Siphonoperla burmeisteri* (Pictet, 1841) и вид вселенца – моллюск *Lithoglyphus naticoides* (C. Pfeiffer, 1828), которые на территории Беларуси известны только по малочисленным находкам.

Несмотря на некоторые различия в закономерностях динамики численности и распределения индикаторных групп макрозообентоса на исследованных горячих точках «Витебск водоканал» и «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ» р. Западная Двина, сохраняются общие тенденции в реакции водного сообщества беспозвоночных животных на сброс городских сточных вод.

Как в зоне влияния горячей точки «Витебск водоканал», так и в зоне влияния горячей точки «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ» отмечена достаточно высокая численность группы реофильных видов (Plecoptera, Ephemeroptera и Trichoptera), достигающая на отдельных станциях до 80 % от всех выявленных водных беспозвоночных. Причем представители Plecoptera – самой приоритетной индикаторной таксономической группы – встречались как до, так и сразу после сброса сточных вод. Это указывает на достаточно высокое качество воды р. Западная Двина в районе влияния обеих горячих точек.

На станциях отбора проб, расположенных ниже сброса сточных вод, как в зоне влияния горячей точки «Витебск водоканал», так и в зоне влияния горячей точки «Полоцк водоканал – Новополоцк НПЗ» доминировали так называемые виды переработчиков – малощетинковые черви и комары звонцы, которые характеризуют загрязнение поверхностных вод промышленными отходами.

На всех станциях отбора проб отмечались высокие значения модифицированного биотического индекса Вудивисса и высокий класс чистоты воды р. Западная Двина как до сброса сточных вод, так и непосредственно после сброса. Незначительные различия между видовым богатством и численностью разных экологических групп макрозообентоса можно объяснить не столько влиянием сточных вод, сколько сменой сообществ гидробионтов вдоль течения реки в соответствии с изменением физических факторов согласно теории речного континуума [24].

На основании полученных результатов можно считать, что воздействие сточных вод городов Витебск, Полоцк и Новополоцк, включая Новополоцкий НПЗ, имеет весьма локальное значение и слабо воздействует на экологическое качество воды р. Западная Двина. Учитывая близость расположения г. Новополоцк к латышской границе, следует отметить отсутствие угроз трансграничного характера качеству воды р. Западная Березина с белорусской стороны. Следует отметить,

что аналогичная ситуация наблюдалась при изучении влияния горячих точек «Столбцы водоканал», «Гродно водоканал» на экологическое качество воды р. Неман и горячей точки «Вилейка водоканал» на экологическое качество воды р. Вилия вблизи литовской границы [25].

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

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

Список использованных источников

- 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.
- Knopp, H. Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutert an einem Gutelangsschnitt des Maines / H. Knopp // *Wasserwirtschaft*. – 1954. – Jg. 45. – S. 9–15.
- Knopp, H. Grundsätzliches zur Frage biologischer Vorfluterungen erläutert an einem Gutelangsschnitt des Mains / H. Knopp // *Arch. Hydrobiol.* – 1955. – Suppl. 22, Bd. 3/4. – S. 363–368.
- Liebmann, H. Handbuch der Frischwasser und Adwasserbiologie / H. Liebmann. – Munich : R. Oldenburg, 1951. – Bd. 1. – 539 S.
- Sládeček, V. System of water quality from the biological point of view / V. Sládeček. – Stuttgart : Schweizerbart, 1973. – 218 p.
- 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.
- Shannon, C. E. A mathematical theory of communication / C. E. Shannon // *Bell Syst. Tech. J.* – 1948. – Vol. 27. – P. 379–423, 623–656. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Woodiwiss, F. S. The biological system of stream classification used by the Trent River board / F. S. Woodiwiss // *Chem. Ind.* – 1964. – Vol. 11. – P. 443–447.
- Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем : ТКП 17.13-10-2013 (02120) (Рабочий проект, третья редакция). – Минск : Минприроды, 2017. – 13 с.
- 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.
- 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.
- Мороз, М. Д. Фауна водных беспозвоночных водотоков Национального парка «Беловежская пушта» / М. Д. Мороз, В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк // *Журн. БГУ. Биология*. – 2017. – № 3. – С. 68–75.
- 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.
- Мороз, М. Д. Видовой состав водных беспозвоночных реки Вилия / М. Д. Мороз, В. М. Байчоров, Ю. Г. Гигиняк // *Вест. НАН Беларуси. Сер. біял. навук.* – 2018. – Т. 63, № 4. – С. 401–408.
- 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.
- 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
- Мороз, М. Д. Каталог поденок (Ephemeroptera), веснянок (Plecoptera) и ручейников (Trichoptera) Беларуси / М. Д. Мороз, Т. П. Липинская. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 315 с.
- Жильцова, Л. А. Веснянки (Plecoptera) Европейской части СССР (без Кавказа) / Л. А. Жильцова // *Энтомологическое обозрение*. – 1966. – Т. 45, № 3. – С. 525–549.
- Жильцова, Л. А. Материалы по фауне веснянок (Plecoptera) / Л. А. Жильцова // *Тр. Зоол. Ин-та Акад. наук СССР*. – 1962. – Т. 31. – С. 5–12.
- Timm, H. Distribution of stoneflies (Insecta: Plecoptera) in Estonia / H. Timm // *Proc. Estonia Acad. Sci. Biol. Ecol.* – 2000. – Vol. 49, N 3. – P. 277–288.
- Старобогатов Я. И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов земного шара / Я. И. Старобогатов. – Л. : Наука, 1970. – 372 с.
- Лаенко, Т. М. Фауна водных моллюсков Беларуси / Т. М. Лаенко. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 128 с.
- Beran, L. Mollusca (měkkýši) / L. Beran, L. Juříčková, M. Horský // *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí / eds. J. Farač, D. Král, M. Škorpík*. – Praha, 2005. – P. 69–74.

24. The river continuum concept / R. L. Vannote [et al.] // *Can. J. Fish. Aquatic Sci.* – 1980. – Vol. 37, N 1. – P. 130–137.
 25. Экологическое качество рек Неман и Вилия при воздействии городских сточных вод / В. М. Байчоров [и др.] // *Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 16–29.

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, erläutert an einem Gutelangsschnitt des Maines. *Die Wasserwirtschaft*, 1954, Jg. 45, S. 9–15.
3. Knopp H. Grundsätzliches zur Frage biologischer Vorfluterungen erläutert an einem Gutelangsschnitt des Mains. *Archiv für Hydrobiologie*, 1955, Suppl. 22, Bd. 3/4, S. 363–368.
4. Liebmann H. *Handbuch der Frischwasser und Adwasserbiologie. Bd. 1.* 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. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
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, Ministry of Natural Resources and Environmental Protection, 2017. 13 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* [Polesie Problems: 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 zhivotnogo mira v Belarusi i sopredel'nykh regionakh (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., Giginyak Yu. G. Fauna of aquatic invertebrates of the Viliya river. *Vestsi Natsyyanal'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. Moroz M. D., Lipinskaya T. P. Catalog of mayflies (Ephemeroptera), stoneflies (Plecoptera) and caddis flies (Trichoptera) of Belarus. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2014. 315 p. (in Russian).
18. Zhil'tsova L. A. Vesnyanka (Plecoptera) of the European part of the USSR (without the Caucasus). *Entomological Review*, 1966, vol. 45, no. 3, pp. 525–549 (in Russian).
19. Zhil'tsova L. A. Materials on the fauna of Plecoptera. *Proceedings of the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences*, 1962, vol. 31, pp. 5–12 (in Russian).
20. Timm H. Distribution of stoneflies (Insecta: Plecoptera) in Estonia. *Proceedings of the Estonia Academy of Sciences. Biology and Ecology*, 2000, vol. 49, no. 3, pp. 277–288.
21. Starobogatov Ya. I. *Fauna of mollusks and zoogeographic zoning of continental water bodies of the globe.* Leningrad, Nauka Publ., 1970, p. 372 (in Russian).
22. Laenko T. M. *Fauna of aquatic mollusks of Belarus.* Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2012. 128 p. (in Russian).
23. Beran L., Juřičřová L., Horsák M. Mollusca (měkkýři) *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí.* Praha, 2005, pp. 69–74.
24. 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.
25. Baichorov V. M., Giginyak Yu. G., Moroz M. D., Giginyak I. Yu., Korzun E. V. Environmental quality of Neman and Vilia Rivers under the influence of city wastewater. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2018, vol. 65, no. 1, pp. 16–29 (in Russian).

Информация об авторах

Байчоров Владимир Мухтарович – д-р биол. наук, заведующий сектором. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). 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: natrrix109@gmail.com

Information about the authors

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

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

Egor V. Korzun – Senior Researcher. Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: natrrix109@gmail.com