

УДК 504.453.06(1/9)

Поступила в редакцию 08.10.2025

Received 08.10.2025

## ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РЕК ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ МИНСКА

М. И. Струк, С. Г. Живнач, Г. М. Бокая

*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

**Аннотация.** Приведена оценка химического загрязнения пяти малых рек пригородной зоны Минска, на которых построены водохранилища, используемые для отдыха городского населения. Определены факторы загрязнения, обусловленные расходами воды в реках и экологическим состоянием их водосборных бассейнов.

Выделены основные каналы поступления в реки загрязняющих веществ, представленные для большей их части поверхностным стоком, что вызвано преобладанием возвышенных ландшафтов в ландшафтной структуре соответствующих бассейнов. Выявлены особенности пространственной организации землепользования и размещения техногенных объектов – источников загрязнения вод в пределах бассейнов и на прибрежных территориях.

На основе данных собственных полевых гидрохимических исследований авторов, проведенных в 2009-2024 гг., оценены интенсивность и вещественный состав загрязнения, отражающие основной вклад в него биогенных веществ: нитритов, азота аммонийного и фосфора фосфатов, с повторяемостью для различных рек от 33 до 100 % случаев, а также превышения для большинства из них среднегодовых концентраций по нитритам и азоту аммонийному. Установлена зависимость загрязнения от расходов воды, хозяйственного использования бассейнов, размещения лесов в их пределах.

Представлены приоритетные меры по снижению загрязнения рассматриваемых рек, предусматривающие разработку и реализацию для каждой из них специальных планов управления бассейнами с преимущественной ориентацией на уменьшение загрязняющего влияния сельскохозяйственных и селитебных земель.

**Ключевые слова:** малые реки; водосборные бассейны; химическое загрязнение; биогенные вещества; антропогенное эвтрофирование; водоохранные меры.

**Для цитирования:** Струк М. И., Живнач С. Г., Бокая Г. М. Оценка химического загрязнения малых рек пригородной зоны Минска // Природопользование. – 2025. – № 2. – С. 36–45.

## ASSESSMENT OF CHEMICAL POLLUTION OF SMALL RIVERS IN THE MINSK SUBURBAN AREA

M. I. Struk, S. G. Zhivnach, G. M. Bokaya

*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

**Annotation.** An assessment of chemical pollution of five small rivers in the Minsk suburban area, where built reservoirs for recreation by the city's population, is presented. The pollution factors caused by water flow in the rivers and the ecological state of their catchment areas are identified.

The main channels for pollutant influx into the rivers are identified, primarily through surface runoff, due to the predominance of elevated landscapes in the landscape structure of the respective basins. Features of the spatial organization of land use and the location of man-made objects-sources of water pollution-within the basins and in coastal areas are identified.

The intensity and composition of the pollution were assessed based on the authors' own hydrochemical field studies conducted between 2009 and 2024. These data reflect the primary contributions of biogenic substances: nitrites, ammonium nitrogen, and phosphate phosphorus, with a frequency of 33% to 100% for various rivers. They also show that for most of them, nitrite and ammonium nitrogen concentrations exceed average annual values. The relationship between pollution and water flow, economic use of the basins, and the distribution of forests within them is established.

Priority measures to reduce pollution in the rivers under consideration are presented, including the development and implementation of special basin management plans for each river, with a primary focus on reducing the polluting impact of agricultural and residential lands.

**Keywords:** small rivers; catchment basins; chemical pollution; biogenic substances; anthropogenic eutrophication; water protection measures.

**For citation.** Struk M. I., Zhivnach S. G., Bokaya G. M. Assessment of chemical pollution of small rivers in the Minsk suburban area. *Nature Management*, 2025, no. 2, pp. 36–45.

---

**Введение.** Для удовлетворения водохозяйственных и рекреационных потребностей крупнейшего города используются водные объекты не только собственно городской, но и прилегающей к нему территории. Наличие таких объектов, а также их свойства зависят от ее природно-ландшафтных условий.

Основной особенностью ландшафтного строения пригородной зоны Минска является ее размещение в пределах Минской возвышенности и прилегающих к ней равнин. На центральную часть данной зоны приходятся ландшафтные районы холмисто-моренно-эрозионных и камово-моренно-эрозионных возвышенностей с самыми высокими в Беларуси гипсометрическими отметками [1]. По их территории в северо-западном направлении от города проходит главная водораздельная линия водосборных бассейнов двух морей – Балтийского и Черного. Она делит пригородную зону на две части: северо-западную и юго-восточную. К первой из них относятся бассейны двух больших рек – Немана и его притока Вилии, ко второй – р. Березины и ее притока – р. Свислочи, а также р. Птичи – притока р. Припяти.

С отмеченным ландшафтным строением пригородной зоны связано отсутствие в ее пределах больших естественных водотоков и водоемов. Протекающие здесь реки представлены лишь верховьями и относятся к категории малых. На этих реках построены водохранилища, выступившие ядрами создания крупных зон отдыха и оздоровления городского населения.

Экологическое состояние указанных водохранилищ зависит от качества вод наполняющих их рек, из чего следует важность его изучения. К числу приоритетных проблем в данном отношении относится проблема химического загрязнения водных объектов.

Вопросы оценки подобного рода загрязнения применительно к рассматриваемой территории исследованы в ранее выполненных работах [2–5]. Они затрагивают определение его интенсивности, сезонные особенности, вещественный состав, динамику. Объектами изучения выступают отдельные реки, и основное внимание уделено их биогенному загрязнению.

В то же время для организации эффективной водоохранной деятельности на исследуемой территории целесообразно проведение обобщающего исследования применительно ко всему набору наиболее значимых пригородных рек и включающему более широкий спектр химических загрязнителей. Кроме того, использовавшаяся ранее база данных о загрязнении речных вод была пополнена новыми материалами, относящимися к 2023–2024 гг.

Целью исследования выступила оценка химического загрязнения малых рек пригородной зоны Минска. Для ее достижения решались задачи по определению предпосылок загрязнения, его вещественного состава и интенсивности, а также обоснованию водоохранных мер.

Объектом изучения выступили пять малых рек: Вяча, Волма, Тростянка, Усяжа и Птичь, на которых создана большая часть основных пригородных рекреационных водохранилищ (за исключением каскада водоемов, сооруженных на р. Свислочи). Все исследуемые реки относятся к бассейну Черного моря, в том числе четыре первые – крупной р. Березины, пятая – р. Припяти. Располагаются они по различным направлениям от г. Минска.

**Материалы и методы исследования.** Фактическую основу исследования составили выполненные в период 2010–2024 гг. данные полевых изысканий авторов. В процессе работы были отобраны водные пробы, а затем проведен их химический анализ.

Отбор водных проб осуществляли во все сезоны года. Его места располагали в речных створах, расположенных выше водохранилищ, с тем чтобы определить влияние рек на качество их вод. Всего взято и проанализировано 105 проб. Их количество по различным рекам сходное и составляет в среднем 20 проб.

Химический анализ воды проводили по показателям, отражающим содержание в ней элементов основного солевого состава, таким как общая минерализация, кальций, магний, натрий, калий, хлор, железо, сульфаты, карбонаты; физических свойств и газового состава: взвешенные вещества, цветность, перманганатная окисляемость; биогенные вещества: нитраты, нитриты, азот аммонийный, фосфор фосфатов; кислотность (рН). Загрязнение воды определяли по каждому из них с использованием двух критериев: во-первых, ПДК химических и иных веществ в воде поверхностных водных объектов [6]; во-вторых, экологических показателей, характеризующих качество водных объектов [7, 8].

Для оценки экологически значимых свойств водосборных бассейнов использовали материалы дистанционного зондирования Земли. В качестве исходных данных для анализа были взяты общегеографическая основа и векторные данные, доступные в открытых источниках [9]. Также рассматривали данные, характеризующие виды земель и рельеф.

#### **Результаты и их обсуждение.**

**Предпосылки загрязнения рек.** Для выявления предпосылок загрязнения рассмотрели два основных определяющих его фактора: внутренний и внешний. Первый из них касается расхода воды в реке, от которого зависит ее разбавляющая способность; второй – экологического состояния водосборного бассейна, откуда осуществляется питание реки.

Малые реки отличаются повышенной уязвимостью к загрязнению в сочетании с высокой зависимостью от экологического состояния своих водосборных бассейнов. В рассматриваемом случае оценку химического загрязнения вод проводили на створах, расположенных выше верхнего бьефа водохранилищ, которые приурочены к верхним или средним частям исследуемых малых рек.

Длина всех оцениваемых речных отрезков небольшая и различается пятикратно – от 27 км у р. Вячи до 5 км у р. Тростянки (табл. 1). Четыре реки – Усяжа, Вяча, Волма и Птичь – имеют притоки. По площади водосборных бассейнов и расходам воды самыми высокими и сходными значениями выделяются три реки – Волма, Птичь и Усяжа, у которых эти площади составляют 130–137 км<sup>2</sup>, а расходы – 0,8–0,9 м<sup>3</sup>/с. Соответственно, данные реки должны обладать самой высокой естественной устойчивостью к загрязнению. Далее отмеченная характеристика будет несколько снижаться для р. Вячи и заметно (двукратно) – для р. Тростянки.

**Таблица 1. Гидрологические параметры малых рек пригородной зоны Минска**

**Table 1. Hydrological parameters of small rivers in the Minsk suburban area**

Река	Длина до верхнего бьефа водохранилища, км	Количество притоков	Расход воды, м <sup>3</sup> /с	Площадь водосборного бассейна, км <sup>2</sup>
Вяча	20	1	0,7	98
Усяжа	15	2	0,9	130
Волма	14	1	0,9	137
Тростянка	5	–	0,4	55
Птичь	27	1	0,8	132

Для оценки влияния водосборных бассейнов на загрязнение рек следует учитывать, во-первых, каналы поступления загрязняющих веществ с их территории – поверхностный или подземный сток; во-вторых, соотношение и размещение по отношению к реке естественных экосистем, имеющих водоохранное значение, с одной стороны, и объектов – источников загрязнения, с другой. В первом случае подобный учет может быть обеспечен путем анализа ландшафтной структуры бассейнов, во втором – структуры землепользования.

В ландшафтной структуре бассейнов четырех из пяти рек – Птичи, Усяжи, Вячи и Волмы – преобладают возвышенные ландшафты, причем у первых трех они занимают более 3/4 площади (табл. 2). Данные ландшафты отличаются высокой естественной защищенностью грунтовых вод и большей подверженностью почвенной эрозии.

**Таблица 2. Ландшафтно-экологические условия водосборных бассейнов малых рек пригородной зоны Минска**

**Table 2. Landscape and ecological conditions of the catchment areas of small rivers in the Minsk suburban area**

Река	Структура, %							Средний смыв почвы, т/га
	ландшафтов			видов земель				
	возвышенных	средне-высотных	низинных	лесных	сельскохозяйственных	селитебных	прочих	
Вяча	77	–	23	58	26	11	5	4,9
Усяжа	93	–	7	40	37	14	9	4,8
Волма	54	35	11	57	23	14	6	4,7
Тростянка	11	76	13	26	41	27	6	3,1
Птичь	94	–	6	19	67	9	5	6,9

Для количественной оценки эрозионной опасности бассейнов рассчитаны показатели потенциального смыва почв с их территории. Источником данных послужила карта уклонов местности, построенная по материалам спутниковых снимков [10].

Выполненные расчеты показали, что самый высокий смыв почв имеет место в бассейне р. Птичь – около 7 т/га, где доля возвышенных ландшафтов наивысшая, затем, по мере уменьшения этой доли, он снижается почти в 1,5 раза в бассейнах рек Вячи, Усяжи, Волмы и более чем двукратно в бассейне р. Тростянки. В связи с этим для четырех первых бассейнов основным каналом поступления загрязняющих веществ в реки выступает поверхностный сток.

В бассейне р. Тростянки ведущее положение принадлежит средневвысотным ландшафтам, менее распространены низинные и еще менее – возвышенные ландшафты. Средневвысотные и низинные ландшафты характеризуются невысокой эрозионной опасностью и более низкой по сравнению с возвышенными естественной защищенностью грунтовых вод. Поэтому для рассматриваемого бассейна большее значение получит перенос загрязняющих веществ в реку с подземным стоком.

По соотношению различных видов земель рассматриваемые бассейны можно разделить на три группы. Первую из них составляют бассейны рек Вячи и Волмы, у которых более половины территории занимают леса, в силу чего они обладают самым высоким естественным водоохраным потенциалом. Вторую – бассейн р. Усяжи с умеренной лесистостью (40 %), третью – рек Птичи и Тростянки с низкой лесистостью (менее 30 %). В соответствии с отмеченным уменьшением лесистости бассейнов снижаются и их водоохраный потенциал.

Степень хозяйственного освоения бассейнов является величиной обратной их лесистости. В бассейнах рек Птичи и Тростянки совместно на сельскохозяйственные и селитебные земли приходится более 2/3 площади. Особенно высокий уровень сельскохозяйственного освоения отмечается в бассейне р. Птичи – 62 %, а селитебной застройки – в бассейне р. Тростянки – 30 %, большая часть из которой относится к г. Минску. В бассейне р. Усяжи данные виды земель занимают половину, а рек Вячи и Волмы – примерно 1/3 площади.

В рассматриваемых бассейнах рек не имеется объектов, осуществляющих сброс в них сточных вод. Основными источниками загрязнения этих рек выступают сельскохозяйственные земли с расположенными на них животноводческими фермами, а также населенные пункты, в основном сельские. В бассейне р. Тростянки помимо таковых крупным источником загрязнения подземных вод является полигон складирования коммунальных отходов «Тростенецкий» и поверхностных вод – территория г. Минска.

Удаление указанного полигона от реки составляет около 2 км, и уклон поверхности направлен в ее сторону. В районе его размещения отмечается существенное загрязнение подземных вод. Они характеризуются минерализацией 16–22 г/дм<sup>3</sup> и концентрациями большинства макрокомпонентов, превышающими в десятки и сотни раз фоновые значения природных вод. Концентрации натрия в фильтрате полигона достигает 8–20 ПДК, хлоридов – 9–25, сульфатов – до 3 ПДК [11, 12].

Наряду со структурой земель на поступление загрязняющих веществ в реки оказывает влияние также пространственное распределение по территории бассейнов различных их видов и объектов-загрязнителей. Для видов, занимающих наибольшие площади – лесных, сельскохозяйственных, селитебных, оно повсеместно имеет мозаичный характер (рис. 1).

Особенно значимым является указанное распределение в непосредственной близости от самих рек. Для его оценки рассчитаны показатели прибрежного размещения сельскохозяйственных и селитебных земель как источников загрязнения и лесов как природных объектов, выполняющих водоохранную роль (табл. 3).

**Таблица 3. Видовая структура земель, непосредственно прилегающих к малым рекам пригородной зоны Минска, %**

**Table 3. Species structure of lands directly adjacent to small rivers in the Minsk suburban area, %**

Река	Вид земель, %			
	Лесные	Сельскохозяйственные	Селитебные	Прочие
Вяча	34	43	22	1
Усяжа	30	44	23	3
Волма	54	27	17	2
Тростянка	5	32	61	2
Птичь	11	54	34	1

Прибрежное размещение лесов на большем протяжении отмечается только у одной реки – Волмы. У трех рек – Вячи, Усяжи и Птичи – преобладающим видом прибрежных земель являются сельскохозяйственные земли, у р. Тростянки – селитебные земли. Для четырех из пяти рек, за исключением Волмы, доля прибрежной полосы, занятой лесами, является ниже средней по бассейну величины, в чем находит отражение приуроченность сельских поселений и окружающих их сельскохозяйственных земель к рекам.

Вблизи отдельных сельских поселений расположены животноводческие фермы. Они находятся в бассейнах трех рек – Вячи, Усяжи и Птичи.



Рис. 1. Размещение видов земель и источников загрязнения вод в бассейнах малых рек пригородной зоны Минска. Виды земель: 1 – лесные; 2 – сельскохозяйственные; 3 – селитебные; 4 – животноводческие фермы; 5 – автомобильные дороги

Fig. 1. Distribution of land types and water pollution sources in the basins of small rivers in the Minsk suburban area. Land types: 1 – forest; 2 – agricultural; 3 – residential; 4 – farms; 5 – roads

**Химическое загрязнение речных вод и водоохранные меры.** Обобщающим показателем гидрохимического состава рек является общая минерализация воды. Величина этого показателя существенно различается. Для четырех из пяти рек она изменяется в 1,6 раза – от 273,7 (р. Вяча) до 384,5 мг/дм<sup>3</sup> (р. Птичь) (табл. 4). Максимально высокой является эта величина у р. Тростянки, где общая минерализация воды превышает аналогичные показатели остальных рек в 2,0–3,3 раза (788,8 мг/дм<sup>3</sup>). У этой же реки отмечается трансформация класса воды с гидрокарбонатного кальциевого на хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый.

**Таблица 4. Содержание химических веществ в воде малых рек пригородной зоны Минска, мг/дм<sup>3</sup>**

**Table 4. The content of chemical substances in the water of small rivers in the Minsk suburban area, mg/dm<sup>3</sup>**

№ п/п	Показатель	Река					Всего
		Вяча	Усяжа	Волма	Тростянка	Птичь	
1	Общая минерализация	273,7	360,1	286,9	788,8	384,5	1000
2	Гидрокарбонаты	170,46	212,24	171,76	387,01	246,12	–
3	Хлориды	14,47	30,51	11,93	133,55	21,48	300
4	Сульфаты	11,8	19,1	19,5	28,0	22,6	100
5	Нитраты	4,6	8,1	9,3	11,9	12,5	40
6	Нитриты	0,049	<b>0,162</b>	0,069	<b>0,531</b>	<b>0,135</b>	0,08
7	Фосфор фосфатов	0,054	0,019	0,028	0,023	<b>0,072</b>	0,066
8	Азот аммонийный	0,33	0,15	<b>0,44</b>	<b>11,97</b>	0,18	0,39
9	Кальций	39,66	44,37	47,42	56,96	56,00	180
10	Магний	14,49	22,29	14,7	24,43	20,62	40
11	Натрий	7,0	17,6	5,3	106,5	9,6	120
12	Калий	3,6	2,7	1,4	30,4	4,0	50
13	Железо общее	0,20	0,17	0,14	0,25	0,15	–
14	рН	7,68	7,95	7,98	7,51	7,78	6,5–8,5
15	Перманганатная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	6,3	4,5	4,7	7,7	3,4	–
16	Цветность, градусы	70	40	44	90	29	100

Примечание. Полужирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК.

Река Тростянка характеризуется также более высокими значениями четырнадцати из шестнадцати рассматриваемых показателей. Исключение составляют нитраты и фосфор фосфатов, наивысшая концентрация которых фиксируется в р. Птичи. Самые низкие показатели по отдельным веществам наблюдаются у двух рек – Вячи (7 показателей) и Волмы (5 показателей), у двух остальных – Усяжи и Птичи – отмечается по 2 таких показателя.

Кислотность воды у всех рек сходная. Она повсеместно относится к слабощелочной.

Превышения среднегодовых концентраций ПДК наблюдаются только по биогенным веществам: нитритам и азоту аммонийному у четырех из пяти рек (кроме р. Вячи). Максимальных значений они достигают у р. Тростянки, составляя 30,2 раза по азоту аммонийному и 6,6 раза по нитритам, в то время как у остальных рек – только до 2,0 раза.

Применительно к разовым наблюдениям доля всех водных проб, в которых фиксировались превышения ПДК хотя бы по одному из веществ, является довольно высокой, составляя почти 2/3 от их общего количества (табл. 5). Основную роль в данном отношении играют соединения азота нитритного и азота аммонийного, по каждому из которых отмечены повышенные концентрации в третьей части проб, по фосфору фосфатов – в пятой, по остальным семи веществам эта доля не превышает 10 %.

Среди рек самая высокая повторяемость случаев загрязнения отмечается у р. Тростянки, где она достигает 100 %, далее следует р. Птичь – 83 %. Наименьшая величина данного показателя – менее 40 % – присуща рекам Усяжи и Волме.

В приведенной повторяемости химического загрязнения вод рассматриваемых рек в целом находит отражение его зависимость как от расходов воды, так и от уровня хозяйственного освоения водосборов. Реки с максимальными значениями повторяемости – Тростянка и Птичь – отличаются наивысшим освоением, а первая также самыми низкими расходами.

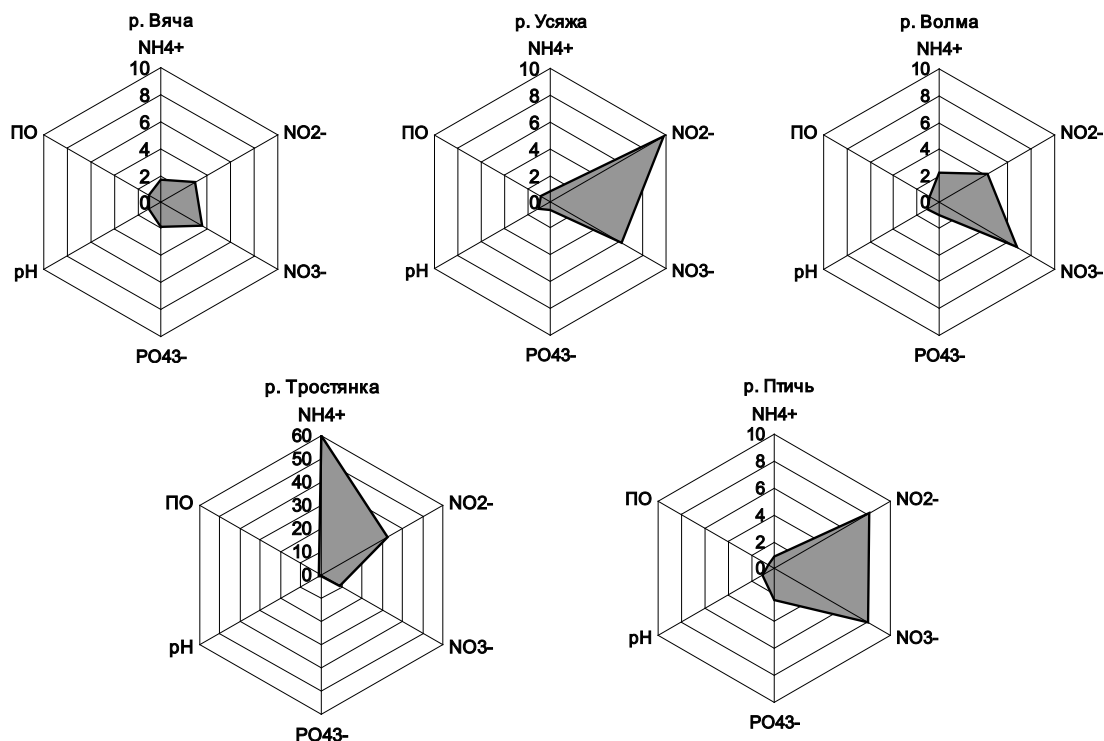
Влияние лесистости водосборных бассейнов на загрязнение рек не является однозначно выраженным. Более высокий ее уровень не обязательно обеспечивает меньшую степень загрязнения. Так, у рек с примерно одинаковыми расходами воды – Вячи и Усяжи – лесистость бассейна первой в 1,5 раза выше второй, при этом повторяемость загрязнения у нее не только не ниже, но и на четверть выше.

**Таблица 5. Частота превышения ПДК химических веществ в воде малых рек пригородной зоны Минска, %****Table 5. Frequency of exceeding the MAC of chemical substances in the water of small rivers in the Minsk suburban area, %**

№ п/п	Показатель	Река					Всего
		Вяча	Усяжа	Волма	Тростянка	Птичь	
1	Общая минерализация	–	–	–	12	–	3
2	Хлориды	–	–	–	4	–	1
3	Нитриты	20	28	28	73	17	35
4	Фосфор фосфатов	20	6	11	12	48	20
5	Азот аммонийный	20	6	11	96	9	32
6	Магний	–	–	–	4	–	1
7	Натрий	–	–	–	38	–	10
8	Калий	–	–	–	19	–	5
9	Железо общее	10	6	6	8	9	8
10	Цветность	5	–	6	23	–	8
11	рН	–	17	17	4	9	9
<i>Всего выше ПДК</i>		55	44	33	100	83	67

Большее водоохранное значение по сравнению с лесистостью имеет прибрежное размещение лесов. Самым высоким является данный показатель у р. Волмы. В частности, он превышает таковой сходной по расходу воды и лесистости р. Вячи в 1,7 раза. Одновременно повторяемость загрязнения первой во столько же раз ниже.

Для определения подверженности водных объектов эвтрофированию отдельно использовали экологический критерий, устанавливающий пороговые значения, при соблюдении которых данный процесс не получает развития. Для исследуемых рек выполнили сопоставление указанных значений с показателями среднегодовых концентраций эвтрофирующих веществ (рис. 2). Помимо содержания биогенных веществ в составе экологических показателей рассмотрели уровень рН и перманганатную окисляемость.

**Рис. 2. Превышение экологических норм концентрации в воде малых рек пригородной зоны Минска (ПО – перманганатная окисляемость)****Fig. 2. Exceeding environmental standards for concentration in the water of small rivers in the suburban area of Minsk (ПО – permanganate oxidizability)**

Из полученных диаграмм следует, что в водах всех рек величины ряда показателей превышают значения, установленные для чистых вод, в то же время в наборе этих показателей по отношению к каждой из них имеются как сходства, так и различия. В частности, для всех рек характерно превышение по азоту нитратному и азоту нитритному. Наиболее высокими его уровнями выделяются в первом случае реки Тростянка и Птичь – в 9 и 8 раз соответственно, во втором – р. Тростянка – в 32 раза. Содержание азота аммонийного существенно превышает экологический норматив только в р. Тростянке – в 60 раз. По фосфору фосфатов превышения наблюдаются для рек Вячи и Птичи. Превышения по показателю перманганатной окисляемости в 1,1–1,3 раза отмечаются для рек Вячи и Тростянки. Значения показателей кислотности воды близки к санитарно-экологическим нормативам.

Указанные превышения экологических норм концентрации эвтрофирующих веществ свидетельствуют о подверженности всех рассматриваемых рек антропогенному эвтрофированию. Степень такой подверженности в целом согласуется с представленным выше их распределением по повторяемости биогенного загрязнения. Она является самой высокой для р. Тростянки, затем следует р. Птичь и далее – остальные реки.

**Водоохранные меры.** Меры по снижению загрязнения рек реализуются в Беларуси в соответствии с планами управления речными бассейнами. Их разработка предусмотрена для бассейнов всех крупных рек страны: Днепра, Западной Двины, Западного Буга, Немана и Припяти [13].

За последние 5 лет подобного рода планы были утверждены для бассейнов рек Днепра и Припяти, в состав которых входят изучаемые малые реки [14, 15]. В этих планах имеются специальные разделы, посвященные мероприятиям по улучшению экологического состояния поверхностных водных объектов.

Планируемые мероприятия соответствуют масштабам отмеченных речных бассейнов, площади которых составляют: Днепра – 118,4 тыс. км<sup>2</sup>, Припяти – 50,9 тыс. км<sup>2</sup>. Их детализация недостаточна для рассматриваемых малых рек пригородной зоны Минска; в приведенных планах они не упоминаются. Отсутствие такого упоминания не предусматривает выбора этих рек в качестве приоритетных объектов охраны.

Между тем высокая социально-экономическая значимость указанных рек, обеспечивающих рекреационные нужды такого крупного потребителя, как г. Минск, предполагает уделять особое внимание качеству их вод. Достичь этого можно путем дополнения реализуемых планов управления речными бассейнами крупных рек Днепра и Припяти аналогичными локальными планами бассейнов пригородных малых рек.

С учетом выявленных особенностей загрязнения упомянутых рек можно выделить меры по его снижению, во-первых, общие для всех бассейнов, во-вторых, специфические для отдельных из них. К общим относятся меры по уменьшению поступления в реки загрязняющих веществ со стороны сельскохозяйственных земель и населенных пунктов, к специфическим – со стороны техногенных объектов, представленных полигоном складирования отходов и животноводческими фермами.

Уменьшение загрязняющего влияния сельскохозяйственных земель предполагает совершенствование технологий применения удобрений, чтобы минимизировать их поступление в грунтовые воды и смыв с поверхностным стоком; внедрение противозерозионных способов обработки почв, особенно на водосборах с высокой эрозионной опасностью; создание защитных полос в виде травянистой или древесно-кустарниковой растительности в ложбинах стока. Приведенные меры могут быть запланированы в рамках реализации стратегического направления устойчивого развития сельского хозяйства, предусматривающего его перевод на ландшафтно-адаптированные системы землепользования.

Для населенных пунктов, в первую очередь занимающих приречное положение, и животноводческих ферм необходимо поддержание благоприятного санитарного состояния. В бассейне р. Тростянки существенное водоохранное значение имеет создание противофильтрационной завесы со стороны полигона коммунальных отходов «Тростенецкий».

**Заключение.** Размещение малых рек пригородной зоны Минска с водосборными бассейнами преимущественно в пределах возвышенных ландшафтов обуславливает поверхностный сток в качестве главного канала поступления в них загрязняющих веществ, основными источниками которых выступают сельскохозяйственные и селитебные земли, животноводческие фермы и полигон коммунальных отходов.

Загрязнение речных вод характеризуется довольно высокой интенсивностью: среднее превышение ПДК фиксируется в 2/3 проб всего по 11 веществам, из которых наибольший вклад вносят биогенные вещества, такие как нитриты и азот аммонийный – по 1/3 и фосфор фосфатов – 1/5 часть проб; для большинства рек (Тростянка, Усяжа, Волма, Птичь) отмечаются превышения среднегодовых концентраций по нитритам и азоту аммонийному.

Интенсивность загрязнения в целом зависит от расходов воды рек и степени хозяйственного освоения их водосборных бассейнов – наибольшие ее уровни имеют место в бассейнах рек Тростянки (100 % проб) и Птичи (83 %), у которых совместная доля сельскохозяйственных и селитебных земель превышает 2/3, лесистость составляет не более 1/4 площади, а расход воды первой в 2 раза меньше, чем у остальных рек.

Водоохранная роль лесов проявляется в большей мере в случае их размещения на непосредственно прилегающей к реке территории: минимальная повторяемость загрязнения (в 2 раза ниже средней) выявлена для р. Волмы, у которой более половины прибрежной территории занято лесами, в то время как у остальных рек их доля изменяется от 5 до 34 %.

Оптимальным способом снижения загрязнения малых рек пригородной зоны Минска могут выступить разработка и реализация для них специальных планов управления бассейнами с преимущественной ориентацией на уменьшение загрязняющего влияния сельскохозяйственных и селитебных земель, а для р. Тростянки – полигона коммунальных отходов.

#### Список использованных источников

1. Ландшафтная карта Беларуси. М. 1 : 500 000. – Минск, 2014.
2. Струк, М. И. Геоэкологическая оценка пригородных водохранилищ Минска / М. И. Струк, С. Г. Живнач, Г. М. Бокая // Природопользование. – Минск, 2013. – Вып. 23. – С. 115–124.
3. Струк, М. И. Геоэкологическая оценка водосборного бассейна водохранилища Птичь / М. И. Струк, С. Г. Живнач, Г. М. Бокая // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 215-летию со дня рожд. И. Домейко, 31 июля – 3 авг. 2017 г. / НАН Беларуси [и др.] ; редкол.: А. К. Карабанов [и др.]. – Минск : СтройМедиаПроект, 2017. – С. 329–332.
4. Струк, М. И. Биогенное загрязнение вод Петровического водохранилища / М. И. Струк, С. Г. Живнач // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию НИЛ лаборатории экологии ландшафтов факта геогр. и геоинформатики БГУ, г. Минск, 9–11 нояб. 2022 г. / Бел. гос. ун-т, фак-т географии и геоинформатики ; редкол. : Д. С. Воробьев (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2022. – С. 438–442.
5. Струк, М. И. Ландшафтно-экологическая оценка водосборных бассейнов пригородных водохранилищ Минска / М. И. Струк, С. Г. Живнач // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения : материалы XIV Междунар. ландшафт. конф., г. Воронеж, 17–21 мая 2023 г. : в 2 т. – Воронеж, 2023. – Т. 2. – С. 124–126.
6. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов : ЭкоНП 17.06.01-006-2023. – Утв. постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 15 дек. 2023 г. № 15-Т.
7. Жукинский, В. Н. Методологические основы экологической классификации качества поверхностных вод суши / В. Н. Жукинский, О. П. Оксюк // Гидробиологический журнал. – 1983. – Т. 19, № 2. – С. 59–67.
8. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши / В. Н. Жукинский, О. П. Оксюк, Г. Н. Оленик, С. И. Кошелева // Гидробиологический журнал. – 1981. – Т. 17. – С. 38–49.
9. OpenStreetMap. – URL: <https://www.openstreetmap.org> (date of access: 21.02.2025).
10. SRTM. Shuttle Radar Topography Mission. Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI). Digital Elevation Data. – URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/> (date of access: 25.09.2022).
11. Лысухо, Н. А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 210 с.
12. Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах / Д. М. Ерошина [и др.]. – Минск : БелНИЦ «Экология», 2010. – 152 с.
13. Требования к разработке, составлению и оформлению проектов планов управления речными бассейнами : ТКП 17.06-14-2017 (33140). – Утв. постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26 апр. 2017 г. № 4-Т.
14. План управления бассейном реки Припять. – Утв. решением Гомельского, Брестского, Могилёвского и Минского областных исполнительных комитетов от 27 окт. 2023 г. № 844/739/43-15/1053.
15. План управления бассейном реки Днепр. – Утв. решением Могилёвского, Витебского, Гомельского, Минского областных и Минского городского исполнительных комитетов от 31 дек. 2019 г. № 28-55/710/1086/1043/4236.

#### References

1. *Landshaftnaya karta Belarusi* [Landscape map of Belarus]. Scale 1 : 500 000. Minsk, 2014. (in Russian)
2. Struk M. I., Zhivnach S. G., Bokaya G. M. *Geoekologicheskaya ocenka prigorodnyh vodohranilishch Minska* [Geoeological assessment of suburban reservoirs of Minsk]. *Prirodopolzovanie = Nature Management*, 2013, iss. 23, pp. 115–124. (in Russian)
3. Struk M. I., Zhivnach S. G., Bokaya G. M. *Geoekologicheskaya ocenka vodosbornogo bassejna vodohranilishcha Ptich'* [Geoeological assessment of the catchment basin of the Ptich reservoir]. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 215-letiyu so dnya rozhdeniya I. Domejko, "Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy zapada Vostochno-Evropejskoj platformy: problemy izucheniya i racional'nogo ispol'zovaniya"* [Proc. of the Int. Sci. Conf. of the 215th anniversary of the birth of I. Domejko, "Geology and mineral resources of the western part of the East European platform: problems of study and rational use"]. Minsk, 2017, pp. 329–332. (in Russian)
4. Struk M. I., Zhivnach S. G. *Biogennoe zagryaznenie vod Petrovichskogo vodohranilishcha* [Biogenic pollution of the Petrovich Reservoir waters]. *Materialy mezhdunar. nauch.-praktich. konferencii, posvyashchennoj 60-letiyu NIL laboratorii ekologii landshaftov fakulteta geografii i geoinformatiki BGU "Aktual'nye voprosy ustojchivogo prirodopol'zovaniya: nauchno-metodicheskoe obespechenie i prakticheskoe reshenie"* [Proc. of the int. sci. and pract. conf. of the

- 60th anniversary of the Research Lab of Landscape Ecology of the Faculty of Geography and Geoinformatics of BSU “Current issues of sustainable nature management: scientific and methodological support and practical solutions”]. Minsk, 2022, pp. 438–442. (in Russian)
5. Struk M. I., Zhivnach S. G. *Landshaftno-ekologicheskaya ocenka vodosbornykh bassejnov prigorodnykh vodohranilishch Minska* [Landscape and Ecological Assessment of Catchment Areas of Suburban Reservoirs of Minsk]. *Materialy XIV Mezhdunarodnoj landshaftnoj konferencii “Teoreticheskie i prikladnye problemy landshaftnoj geografii. VII Mil’kovskie chteniya”* [Proc. of the XIV Int. Landscape Conf. “Theoretical and Applied Problems of Landscape Geography. VII Milkovsky Readings”]. Voronezh, 2023, vol. 2, pp. 124–126. (in Russian)
  6. EkoNiP 17.06.01-006-2023. *Ohrana okruzhayushchej sredy i prirodopol’zovanie. Gidrosfera. Normativy kachestva vody poverhnostnykh vodnykh ob’ektov* [Environmental norms and regulations. Environmental Protection and Nature Management. Hydrosphere. Water Quality Standards for Surface Water Bodies]. *Utv. postanovleniem Ministerstva prirodnykh resursov i ohrany okruzhayushchej sredy Respubliki Belarus ot 15 dekabrya 2023 № 15-T* [Approved by the Resolution of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus dated 15 December, 2023, no. 15-T]. (in Russian)
  7. Zhukinskij V. N., Oksiyuk O. P. *Metodologicheskije osnovy ekologicheskoy klassifikacii kachestva poverhnostnykh vod sushi* [Methodological basis for the ecological classification of the quality of terrestrial surface waters]. *Gidrobiologicheskij zhurnal = Hydrobiological Journal*, Kiev, 1983, iss. 2, pp. 59–67. (in Russian)
  8. Zhukinskij V. N., Oksiyuk O. P., Olenik G. N., Kosheleva S. I. *Principy i opyt postroenija ekologicheskoy klassifikacii kachestva poverhnostnykh vod sushi* [Principles and experience of constructing an ecological classification of the quality of land surface waters]. *Gidrobiologicheskij zhurnal = Hydrobiological Journal*, Kiev, 1981, pp. 38–49. (in Russian)
  9. OpenStreetMap. Available at: <https://www.openstreetmap.org> (accessed 21 February 2025).
  10. SRTM. Shuttle Radar Topography Mission. Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI). Digital Elevation Data. Available at: <http://srtm.csi.cgiar.org/> (accessed 25 September 2022).
  11. Lysuho N. A., Eroshina D. M. *Othody proizvodstva i potrebleniya, ih vliyanie na prirodnyuyu sredu* [Production and consumption waste, their impact on the environment]. Minsk, 2011, 210 p. (in Russian)
  12. Eroshina D. M., e.a. *Ekologicheskije aspekty zahoroneniya tverdykh kommunal’nykh othodov na poligonah* [Environmental aspects of municipal solid waste disposal at landfills]. Minsk, 2010 p. (in Russian)
  13. ТКР 17.06-14-2017 (33140). *Trebovaniya k razrabotke, sostavleniyu i oformleniyu proektov planov upravleniya rechnymi bassejnami* [Technical code of (established) practice. Requirements for the development, compilation, and execution of river basin management plans]. (in Russian)
  14. *Plan upravleniya bassejnom reki Pripyat’* [The Pripyat River Basin Management Plan]. *Utv. resheniem Gomel’skogo, Brestskogo, Mogilevskogo i Minskogo oblastnykh ispolnitel’nykh komitetov ot 27 oktyabrya 2023 goda №844/739/43-15/1053* [Approved by the decision of the Gomel, Brest, Mogilev, and Minsk Regional Executive Committees dated 27 October, 2023]. (in Russian)
  15. *Plan upravleniya bassejnom reki Dnepr* [The Dnieper River Basin Management Plan]. *Utv. resheniem Mogilevskogo, Vitebskogo, Gomel’skogo, Minskogo oblastnykh i Minskogo gorodskogo ispolnitel’nykh komitetov ot 31 dekabrya 2019 goda №28-55/710/1086/1043/4236* [Approved by the decision of the Mogilev, Vitebsk, Gomel, Minsk regional and Minsk city executive committees dated 31 December, 2019]. (in Russian)

#### Информация об авторах

*Струк Михаил Игоревич* – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, доцент, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: [Struk-17@mail.ru](mailto:Struk-17@mail.ru)

*Живнач Светлана Геннадьевна* – старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: [zhyunach@gmail.com](mailto:zhyunach@gmail.com)

*Бокая Галина Михайловна* – научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: [geosystem1@rambler.ru](mailto:geosystem1@rambler.ru)

#### Information about the authors

*Mikhail I. Struk* – Ph. D. (Geography), Leading Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: [Struk-17@mail.ru](mailto:Struk-17@mail.ru)

*Svetlana G. Zhivnach* – Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: [zhyunach@gmail.com](mailto:zhyunach@gmail.com)

*Galina M. Bokaya* – Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Belarus). E-mail: [geosystem1@rambler.ru](mailto:geosystem1@rambler.ru)