
НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

УДК 556.531.4

Александр Александрович Волчек¹, Лилия Андреевна Кутаева²

¹д-р геогр. наук, проф., проф. каф. природообустройства
Брестского государственного технического университета

²магистр геогр. наук, аспирант 3-го года обучения
каф. городского и регионального развития

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина,
мл. науч. сотрудник лаборатории гидроэкологии и экотехнологий

Полесского аграрно-экологического института

Национальной академии наук Беларуси

Alexander Volchek¹, Lilia Kutaeva²

¹Doctor of Geographical Sciences, Professor,

Professor of the Department of Environmental Engineering
of Brest State Technical University

²Master of Geographical Sciences, 3-nd Year Postgraduate Student
of the Department of Urban and Regional Development

of Brest State A. S. Pushkin University,

Junior Researcher of the Laboratory of Hydroecology and Ecotechnologies

of Polesie Agrarian Ecological Institute of National Academy of Sciences of Belarus

e-mail: ¹Volchak@tyt.by; ²lilianabieva98@gmail.com

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В МАЛЫХ РЕКАХ БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА ЗАПАДНОГО БУГА

Дана оценка содержания биогенных элементов в поверхностных водах малых рек белорусской части бассейна реки Западный Буг. Азот аммонийный и фосфор являются приоритетными загрязняющими элементами. Установлена степень гидрохимической трансформации.

Ключевые слова: биогенные элементы, малые реки, гидрохимическая трансформация, бассейн Западного Буга.

Nutrients in Small Rivers of the Belarusian Part of the Zapadny Bug Basin

An assessment of the content of nutrients in the surface waters of small rivers in the Belarusian part of the Zapadny Bug basin is given. Ammonium nitrogen and phosphorus are priority pollutants. The degree of hydrochemical transformation has been established.

Key words: nutrients, small rivers, hydrochemical transformation, Zapadny Bug basin.

Введение

Малые реки выполняют важную экологическую роль, являясь приточной системой более крупных рек. С одной стороны, малые реки, дренируя большую часть площади водосбора, определяют водность, качество, режим и другие показатели крупных водотоков. С другой стороны, их незначительные размеры и непосредственный контакт с результатами разносторонней деятельности человека определяют их высокую уязвимость. Таким образом, проведение экологического мониторинга малых пресноводных экосистем является актуальным [1]. Хозяйственная деятельность на водосборах малых рек нарушает естественный круговорот веществ, изменяя потоки биогенных элементов. Основными источниками поступления биогенных элементов в водные объекты являются точечные источники (сточные воды жилищно-коммунального хозяйства, предприятий) и рассредоточенная нагрузка (диффузное загрязнение). Увеличение содержания биогенных элементов в водной среде, главным образом азота и фосфора, приводит к развитию процессов эвтрофирования водного объекта [2].

Регулярные многолетние наблюдения за гидрохимическим состоянием малых рек практически не осуществляются, следовательно, малые реки и каналы выбраны

объектами исследования с целью оценки их устойчивости в условиях возрастающей антропогенной нагрузки. Среди рек урбанизированных территорий необходимо проследить зависимость экологического состояния малой реки от количества населения в городе, поэтому для оценки были выбраны крупный г. Брест (р. Мухавец) с населением 344 тыс. человек, средний г. Кобрин (р. Мухавец, р. Шевня) с населением 53 тыс. человек и ряд малых городов с населением до 20 тыс. человек [3].

Целью исследования является изучение пространственно-временной изменчивости содержания биогенных элементов в поверхностных водах малых рек и каналах белорусской части бассейна реки Западный Буг.

Методика исследования

В качестве первичных индикаторов выбраны следующие показатели: содержание аммонийного, нитратного, нитритного азота, фосфора и хлоридов для оценки геохимической трансформации водных объектов [4]. Отбор проб поверхностных вод осуществлялся в соответствии с нормативными документами и проводился в апреле, августе и ноябре 2022 г. [5–7]. Поскольку целью программы отбора являлась оценка качества воды по отношению к нормативам содержания (предельно допустимым концентрациям) показателей в воде, отбирались точечные пробы воды, характеризующие состав и свойства воды в данном месте в данный момент времени путем однократного отбора требуемого количества воды. В результате отобрано и проанализировано 42 пробы поверхностной воды, из которых 36 проб взято из малых рек, а 6 проб – из каналов в г. Кобрине. Анализ проб проводился на базе аккредитованной лаборатории гидроэкологии и экотехнологий Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси. Общая характеристика исследуемых водотоков представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика пунктов отбора проб

Тип и название водного объекта	Пункт отбора пробы
р. Мухавец	В черте г. Бреста (пункт 1)
	В черте г. Кобрин (пункт 2)
р. Лесная	В черте г. Каменца (пункт 1)
	4 км выше г. Каменца (пункт 2)
р. Пульва	В черте г. Высокое
р. Малорита	В черте г. Малориты
р. Жабинка	В черте г. Жабинки
р. Шевня	В черте г. Кобрин
р. Осиповка	Вблизи н. п. Петровичи (Брестский р-н)
р. Спановка	В черте н. п. Медно (Брестский р-н)
р. Дахловка	Вблизи н.п. Борщи (Кобринский р-н)
р. Лютая	Вблизи н. п. Остромечево (Брестский р-н)
канал Бона	В черте г. Кобрин
канал Кобринка	В черте г. Кобрин

Методика определения pH основана на измерении разности потенциалов гальванического элемента с использованием соответствующего pH-метра. В результате равновесия диссоциации значение pH пробы также зависит от температуры, поэтому вместе с измерением значения pH всегда определяют температуру пробы [8].

Сущность метода по определению содержания нитрат-ионов заключается во взаимодействии нитратов с салициловокислым натрием в сернокислой среде с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет, и последующим фото-

метрическим определением и расчетом массовой концентрации нитратов в пробе исследуемой воды [9].

Метод определения содержания массовой концентрации аммиака и ионов аммония основан на способности аммиака и ионов аммония взаимодействовать с реактивом Несслера с образованием окрашенного в желто-коричневый цвет соединения с последующим фотометрическим определением и расчетом массовой концентрации определяемых компонентов в пробе исследуемой воды [9].

Сущность метода по определению нитрит-ионов заключается во взаимодействии нитритов в исследуемой пробе воды с сульфаниловой кислотой в присутствии 1-нафтиламина с образованием красно-фиолетового окрашенного соединения с последующим фотометрическим определением и расчетом массовой концентрации нитритов в пробе исследуемой воды [9].

Метод определения ортофосфатов и полифосфатов основан на гидролизе полифосфатов, переходящих в ортофосфаты, с образованием фосфорно-молибденового комплекса, окрашенного в синий цвет, и последующем фотометрическом определении полученного окрашенного соединения [10].

Метод титриметрического определения хлоридов основан на образовании труднорастворимого осадка хлорида серебра при прибавлении раствора нитрата серебра к анализируемой воде. После полного осаждения хлоридов избыток ионов серебра реагирует с индикатором – хроматом калия – с образованием красновато-оранжевого осадка хромата серебра [11].

Результаты и их обсуждение

Основными точечными источниками загрязнения исследуемых водотоков являются: ООО «ВэстФишИнвест» (бывший рыбхоз «Соколово»); КУПП «Кобринрайводоканал»; КУП «Брестское ДЭП»; КУМПП ЖКХ «Малоритское ЖКХ»; Пружанское КУПП «Коммунальник»; КУМПП ЖКХ «Каменецкое ЖКХ»; КУМПП ЖКХ «Кобринское ЖКХ»; ОАО «Пружанский молочный комбинат»; КПУП «Брестводоканал» [12].

Вышеперечисленные предприятия имеют 125 прямых выпусков сточных вод в водные объекты, из них пять выпусков сточных вод предприятий входят в программу локального мониторинга. Сточные воды принимают следующие водотоки: р. Мухавец (57 выпусков), канал Бона (18 выпусков), р. Лесная (17 выпусков), канал Кобринка (15 выпусков), р. Малорита (10 выпусков), р. Жабинка (4 выпуска), р. Пульва и р. Шевня (по 2 выпуска). Данные гидрохимических исследований представлены в таблицах 2–4.

Таблица 2 – Химический состав воды исследуемых водотоков в период весеннего половодья

Объект	Азот аммонийный, мг N/дм ³	Азот нитратный, мг N/дм ³	Азот нитритный, мг N/дм ³	Фосфаты, мгР/дм ³	Хлорид-ион, мг/дм ³	рН, ед. рН
р. Мухавец (г. Брест)	0,35	1,37	0,009	0,038	28,2	7,7
р. Мухавец (г. Кобрин)	0,39	2,56	0,003	0,049	29,6	7,7
р. Лесная (г. Каменец)	0,31	1,39	0,009	0,078	29,6	7,6
р. Лесная (4 км выше г. Каменца)	0,32	0,69	0,003	0,061	13,8	7,4
р. Пульва	0,15	1,66	0,006	0,038	26,5	7,5

Окончание таблицы 2

р. Малорита	0,53	1,16	0,006	0,058	20,8	7,4
р. Жабинка	0,11	2,04	0,016	0,060	40,9	7,8
р. Шевня	0,10	1,78	0,035	0,075	52,6	7,8
р. Осиповка	0,41	1,49	0,010	0,060	26,5	7,5
р. Спановка	0,31	1,49	0,005	0,113	12,0	7,7
р. Дахловка	0,64	1,80	0,005	0,043	13,1	7,4
р. Лютая	0,06	0,73	0,023	0,135	40,6	7,5
канал Бона	0,47	1,31	0,010	0,060	25,0	7,5
канал Кобринка	0,34	3,65	0,006	0,065	36,3	7,4
ПДК [13]	0,39	9,03	0,024	0,066	300	6,5–8,5

Примечание – Выделены значения, превышающие предельно допустимые концентрации.

Таблица 3 – Химический состав воды исследуемых водотоков в период летне-осенней межени

Объект	Азот аммонийный, мг N/дм ³	Азот нитратный, мг N/дм ³	Азот нитритный, мг N/дм ³	Фосфаты, мгР/дм ³	Хлорид- ион, мг/дм ³	рН, ед. рН
р. Мухавец (г. Брест)	0,32	0,20	0,014	0,093	16,8	7,7
р. Мухавец (г. Кобрин)	0,20	0,06	0,002	0,224	55,6	7,6
р. Лесная (г. Каменец)	0,27	0,18	0,006	0,018	53,5	7,4
р. Лесная (4 км выше г. Каменца)	0,47	0,15	0,003	0,047	29,5	7,2
р. Пульва	0,36	0,09	0,008	0,053	16,1	7,3
р. Малорита	0,29	0,18	0,007	0,690	22,4	7,5
р. Жабинка	0,40	0,09	0,007	0,244	52,8	7,1
р. Шевня	0,56	0,19	0,008	0,162	33,7	7,2
р. Осиповка	0,53	0,13	0,005	0,087	18,9	7,2
р. Спановка	0,24	0,04	0,005	0,019	40,8	7,6
р. Дахловка	0,43	0,20	0,003	0,041	26,4	7,2
р. Лютая	0,37	0,37	0,003	0,016	49,2	7,3
канал Бона	0,64	0,33	0,005	0,025	33,0	7,5
канал Кобринка	1,25	0,10	0,009	0,003	29,5	7,1
ПДК [13]	0,39	9,03	0,024	0,066	300	6,5–8,5

Примечание – Выделены значения, превышающие предельно допустимые концентрации.

Таблица 4 – Химический состав воды исследуемых водотоков в период зимней межени

Объект	Азот аммонийный, мг N/дм ³	Азот нитратный, мг N/дм ³	Азот нитритный, мг N/дм ³	Фосфаты, мгР/дм ³	Хлорид- ион, мг/дм ³	рН, ед. рН
р. Мухавец (г. Брест)	0,56	0,96	0,030	0,082	30,3	7,6
р. Мухавец (г. Кобрин)	0,52	0,89	0,019	0,010	27,5	7,5
р. Лесная (г. Каменец)	0,37	1,24	0,020	0,048	27,5	7,6

Окончание таблицы 4

р. Лесная (4 км выше г. Каменца)	0,45	1,10	0,019	0,062	16,2	7,6
р. Пульва	0,35	1,03	0,010	0,060	26,1	7,6
р. Малорита	0,45	1,07	0,016	0,048	24,7	7,4
р. Жабинка	0,33	1,88	0,019	0,087	92,4	7,6
р. Шевня	0,22	2,04	0,017	0,044	46,2	7,6
р. Осиповка	0,42	0,64	0,011	0,055	28,9	7,5
р. Спановка	0,22	0,92	0,015	0,069	9,2	7,6
р. Дахловка	0,38	1,04	0,009	0,029	19,6	7,6
р. Лютая	0,29	2,02	0,012	0,050	32,8	7,4
канал Бона	0,74	0,44	0,016	0,080	30,3	7,6
канал Кобринка	0,67	0,44	0,006	0,086	86,8	7,2
ПДК [13]	0,39	9,03	0,024	0,066	300	6,5–8,5

Примечание – Полужирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК.

Водородный показатель рН является одним из важнейших показателей качества вод и характеризует кислотно-основное равновесие воды. По полученным данным, значения рН не превышали пределы нормативов и составляли 7,1–7,8. Исследованная природная вода водотоков имеет нейтральную и слабощелочную реакцию. Нитриты, являясь промежуточным и наиболее неустойчивым звеном в цикле соединений азота, представляя собой продукт окисления аммиака или восстановления до нитратов, поэтому во внутригодовом распределении азота нитритного не прослеживается четкой закономерности. Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления нитрит-ионов в нитрат-ионы, что указывает на загрязнение водного объекта [1]. Зафиксированы разовые превышения ПДК по содержанию азота нитритного в весенний период на р. Шевне $1,5 \times$ ПДК, в зимний период на р. Мухавец (г. Брест) $1,3 \times$ ПДК уровне ПДК $9,03 \text{ мгN/дм}^3$. Наряду с этим установлено низкое содержание азота нитратного: р. Шевня – $1,78 \text{ мгN/дм}^3$, р. Мухавец (г. Брест) – $0,96 \text{ мгN/дм}^3$. В отмеченных случаях превышения вызваны недостаточной интенсивностью процесса нитрификации. В остальных пробах концентрации изменялись в пределах от 0,002 до $0,023 \text{ мгN/дм}^3$ (рисунок 1).

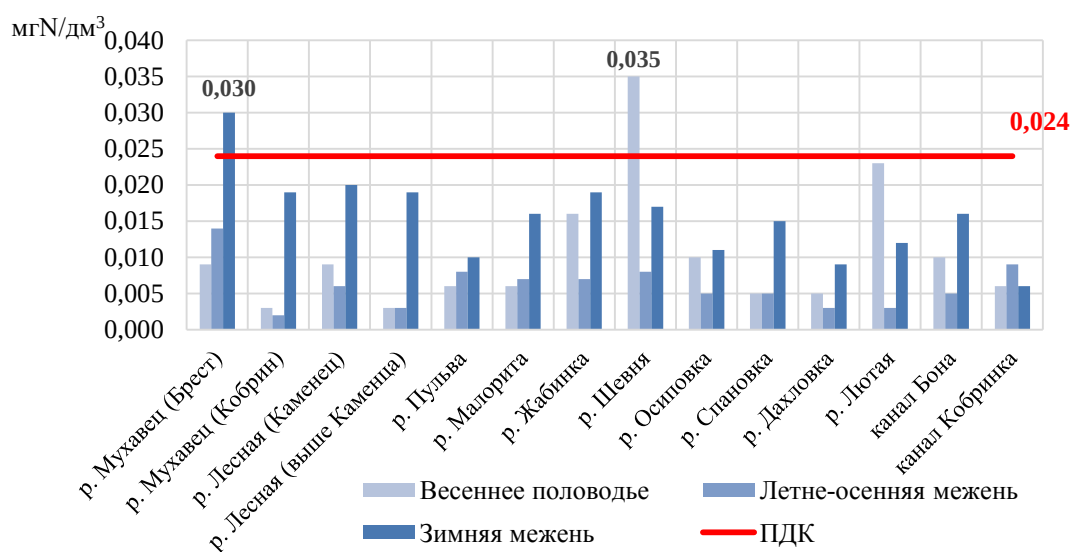


Рисунок 1 – Содержание азота нитритного

Нитраты являются конечным продуктом биохимического окисления аммиака, образующегося в результате распада белковых веществ.

В поверхностных водах нитраты находятся в растворенной форме, и их концентрация в незагрязненных водах, не превышает порядка десятков микрограммов в 1 дм³ (в пересчете на азот) [1].

Концентрация азота нитратного во всех рассматриваемых водных объектах значительно ниже ПДК и варьировалась от 0,04 до 3,65 мгN/дм³.

Основными источниками поступления ионов аммония в водотоки являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений.

Согласно полученным результатам, отмечалось превышение ПДК в 43 % отобранных проб. Диапазон содержания составлял от 0,06 до 0,74 мгN/дм³. Максимальная концентрация в канале Кобринка – 3,2 × ПДК – обусловлена поступлением хозяйственно-бытовых стоков и низкой ассимилирующей способностью водотока.

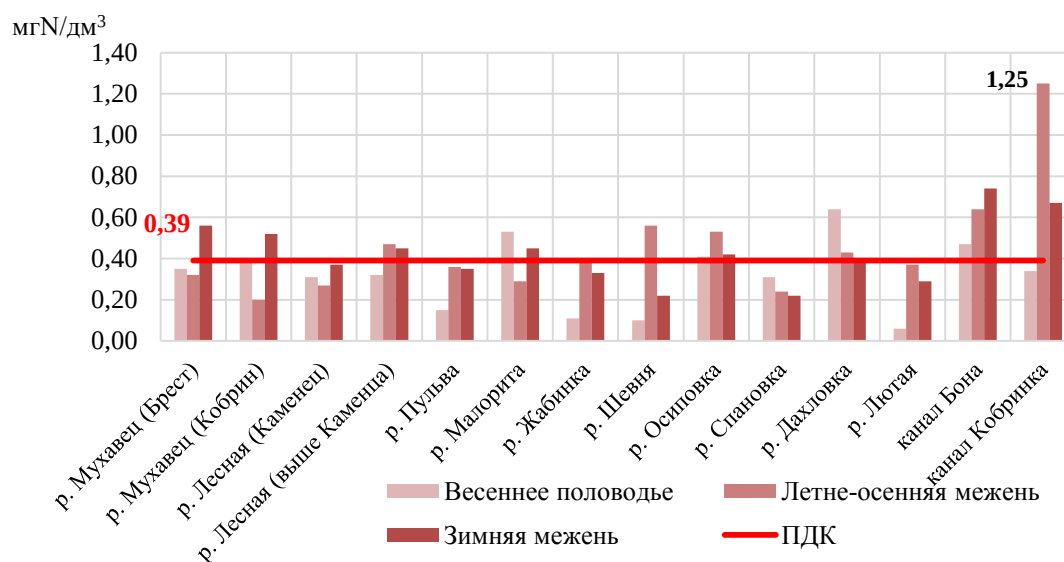


Рисунок 2 – Содержание азота аммонийного

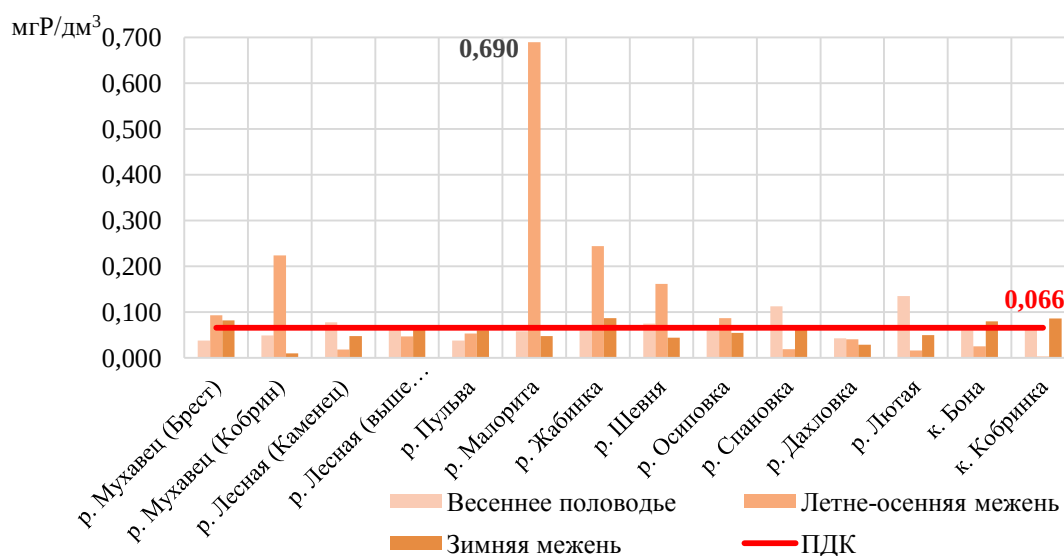


Рисунок 3 – Содержание фосфора

Поступление избытка соединений фосфора с недоочищенными и неочищенными бытовыми сточными водами и с водосбора с поверхностным стоком с полей приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта. Содержание соединений фосфора подвержено значительным сезонным колебаниям, минимальные концентрации наблюдаются весной и летом, максимальные – осенью и зимой. Для исследуемых водотоков высокое содержание фосфора связано с биологической активностью сине-зеленых водорослей, интенсивно проявляющейся на уже загрязненных водотоках. Максимальные концентрации фосфатов установлены в р. Малорите ($10,5 \times \text{ПДК}$), р. Жабинке ($3,7 \times \text{ПДК}$), р. Мухавец (г. Кобрин) $3,4 \times \text{ПДК}$ до г. Бреста содержание фосфатов снизилось в 2,5 раза (рисунок 3).

Увеличение содержания фосфора в водных объектах нарушает биологическое равновесие и приводит к ускорению процессов эвтрофирования водных экосистем. По данным Американского геофизического союза, загрязнение фосфором достигло опасного уровня в пресноводных бассейнах по всему миру [14], данная проблема актуальна и для водных объектов Беларуси.

Для оценки состояния водотоков на основании градации, предложенной Е. П. Овчаровой и О. В. Кадацкой [4], рассчитаны баллы гидрохимической трансформации водных объектов, которые представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Балльная оценка степени гидрохимической трансформации

Объект	Сумма баллов (весеннее половодье 2022 г.)	Сумма баллов (летне-осенняя межень 2022 г.)	Сумма баллов (зимняя межень 2022 г.)
р. Мухавец (г. Брест)	10	10	15
р. Мухавец (г. Кобрин)	11	11	10
р. Лесная (г. Каменец)	10	8	11
р. Лесная (4 км выше г. Каменца)	8	9	11
р. Пульва	9	8	10
р. Малорита	11	10	12
р. Жабинка	12	12	15
р. Шевня	13	12	13
р. Осиповка	11	10	10
р. Спановка	10	9	11
р. Дахловка	10	9	9
р. Лютая	12	8	13
канал Бона	11	9	14
канал Кобринка	12	9	12

Примечание – Полужирным выделено превышение суммарного балла 10.

Содержание азота аммонийного, азота нитритного и фосфора оценивается по следующей балльной системе: 1 балл – содержание менее 0,5 ПДК, 2 балла – содержание 0,5–1,0 ПДК, 3 балла – содержание 1,0–2,0 ПДК, 4 балла – содержание более 2,0 ПДК. Для оценки содержания азота нитратного и хлоридов предложена следующая градация: 1 балл – содержание менее 0,05 ПДК, 2 балла – содержание 0,05–0,1 ПДК, 3 балла – содержание 0,1–0,2 ПДК, 4 балла – содержание более 0,2 ПДК.

В основу градации по азоту нитратному заложена величина $0,5 \text{ мг N/дм}^3$, являющаяся пороговой для начала процессов эвтрофикации, по хлоридам – природно-антропогенная концентрация $15,0 \text{ мг/дм}^3$ [4].

Баллы по содержанию данных индикаторов суммируются для каждого водного объекта, превышение общего суммарного балла 10 указывает на превышение ассимиляционного потенциала водной экосистемы, что свидетельствует о нарушении геохимического равновесия в ней.

В р. Пульве (г. Высокое) и р. Дахловке превышение суммарного балла 10 не зафиксировано ни в одном из исследуемых периодов. Следует отметить, что в р. Шевне (г. Кобрин) и р. Жабинке (г. Жабинка) нарушено геохимическое равновесие, поскольку в 100 % случаев установлено превышение ассимиляционного потенциала.

Заклучение

Результаты исследования показали, что фосфор и азот аммонийный являются приоритетными загрязняющими элементами для исследуемых водотоков. Превышение допустимых концентраций по азоту аммонийному и фосфору отмечается в 43 и 36 % отобранных проб соответственно. Максимальная концентрация азота аммонийного установлена в канале Кобринка ($3,2 \times \text{ПДК}$), фосфора в р. Малорите ($10,5 \times \text{ПДК}$).

Нарастающая тенденция зарастания речных русел на урбанизированных территориях в связи с попаданием большого количества соединений азота и фосфора, которая более определенно проявляется на участках рек, протекающих через районы с интенсивным сельскохозяйственным производством, так и остается острой проблемой.

Гидрохимическая трансформация установлена на р. Шевне (г. Кобрин) и р. Жабинке (г. Жабинка), у данных водотоков снижена способность к самоочистке. В других исследуемых водотоках негативные процессы избыточного накопления биогенных элементов и чувствительность к эвтрофированию выражены в меньшей степени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петин, А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод : учеб. пособие / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. В. Крымская. – Белгород : Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.
2. Волчек, А. А. Биогенные элементы на малых водосборах реки Мухавец / А. А. Волчек, И. В. Окоронко // Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI веках : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию БГУ, 60-летию каф. физ. географии и образоват. технологий, 100-летию со дня рождения проф. О. Ф. Якушко, Минск, 24–26 марта 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; под общ. ред. П. С. Лопуха ; редкол.: П. С. Лопух (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – С. 340–345.
3. Набиева, Л. А. Современное состояние малых рек урбанизированных территорий / Л. А. Набиева, А. А. Волчек // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны : сб. ст. по материалам междунар. науч.-экол. конф., посвящ. 100-летию КубГАУ, 29–31 марта 2022 г. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Кубан. гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина ; редкол.: А. И. Трубилин [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2022. – С. 417–420.
4. Овчарова, Е. П. Геоэкологические критерии для целей реабилитации водных объектов на урбанизированных территориях / Е. П. Овчарова, О. В. Кадацкая // Природопользование. – 2014. – Вып. 26. – С. 25–30.
5. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков : ГОСТ 17.1.5.05–85. – Введ. 01.07.86. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 15 с.
6. Вода. Общие требования к отбору проб : ГОСТ 31861–2012. – Введ. 01.01.14. – М. : Стандартинформ, 2013. – 31 с.
7. Вода. Общие требования к отбору проб : СТБ ГОСТ Р 51592–2001. – Введ. 01.11.02. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2002. – 42 с.

8. Качество воды. Определение pH : ГОСТ ISO 10523–2017. – Введ. 01.09.2018. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 13 с.
9. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ : ГОСТ 33045–2014. – Введ. 01.11.2016. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 19 с.
10. Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ : ГОСТ 18309–2014. – Введ. 01.11.2016. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 21 с.
11. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Качество воды. Определение концентрации хлоридов титриметрическим методом с нитратом серебра : СТБ 17.13.05–39–2015. – Введ. 25.05.2015. – Минск : Респ. центр аналит. контроля в области охраны окружающей среды, 2015. – 12 с.
12. Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cricuwr.by>. – Дата доступа: 22.03.2023.
13. Об утверждении экологических норм и правил [Электронный ресурс] : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 15 дек. 2023 г., № 15–Т // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22441063p>. – Дата доступа: 28.04.2023.
14. Американский геофизический союз [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phys.org/>. – Дата доступа: 10.05.2023.

REFERENCES

1. Pietin, A. N. Analiz i ocenka kachiestva povierhnostnykh vod : uchieb. posobie / A. N. Pietin, M. G. Liebiebieva, O. V. Krymskaja. – Bielgorod : Izd-vo BielGU, 2006. – 252 s.
2. Volchik, A. A. Biogiennyye eliemienty na malykh vodosborakh riei Mukhaviac / A. A. Volchik, I. V. Okoronko // Razvitije geografichieskikh issliedovanij v Bielarusi v XX–XXI viekakh : materialy miezhdunar. nauch.-prakt. konf., posviashch. 100-lietiju BGU, 60-lietiju kaf. fiz. geografii i obrazovat. tiekhnologij, 100-lietiju so dnia rozhdienija prof. O. F. Jakushko, Minsk, 24–26 marta 2021 g. / Bielorus. gos. un-t ; pod obshch. ried. P. S. Lopukha ; riedkol.: P. S. Lopukh (gl. ried.) [i dr.]. – Minsk : BGU, 2021. – S. 340–345.
3. Nabijeva, L. A. Sovriemiennoje sostojanije malykh riek urbanizirovannykh tierritorij / L. A. Nabijeva, A. A. Volchik // Okhrana okruzhajushchiej sriedy – osnova bieзопасnosti strany : sb. st. po materialam miezhdunar. nauch.-ekol. konf., posviashch. 100-lietiju KubGAU, 29–31 marta 2022 g. / M-vo siel. khoz-va Ros. Fiedieracii, Kuban. gos. agrar. un-t im. I. T. Trubilina ; riedkol.: A. I. Trubilin [i dr.]. – Krasnodar : KubGAU, 2022. – S. 417–420.
4. Ovcharova, Ye. P. Gieoekologichieskije kriterii dlja celiej rieabilitacii vodnykh objektov na urbanizirovannykh tierritorijakh / Ye. P. Ovcharova, O. V. Kadackaja // Prirodopol'zovanie. – 2014. – Vyp. 26. – S. 25–30.
5. Okhrana prirody. Gidrosfiera. Obshchije triebovanija k otboru prob povierkhnostnykh i morskikh vod, l'da i atmosfieriynykh osadkov : GOST 17.1.5.05–85. – Vvied. 01.07.86. – M. : Izd-vo standartov, 1985. – 15 s.
6. Voda. Obshchije triebovanija k otboru prob : GOST 31861–2012. – Vvied. 01.01.14. – M. : Standartinform, 2013. – 31 s.
7. Voda. Obshchije triebovanija k otboru prob : STB GOST R 51592–2001. – Vvied. 01.11.02. – Minsk : Bielorus. gos. in-t standartizacii i siertifikacii, 2002. – 42 s.

8. Kachiestvo vody. Opriedielienije pH : GOST ISO 10523–2017. – Vvied. 01.09.2018. – Minsk : Bielorus. gos. in-t standartizacii i siertifikacii, 2018. – 13 s.
9. Voda. Mietody opriedielienija azotsodierzhashchikh vieshchiestv: GOST 33045–2014. – Vvied. 01.11.2016. – Minsk : Bielorus. gos. in-t standartizacii i siertifikacii, 2016. – 19 s.
10. Voda. Mietody opriedielienija fosforsodierzhashchikh vieshchiestv : GOST 18309–2014. – Vvied. 01.11.2016. – Minsk: Bielorus. gos. in-t standartizacii i siertifikacii, 2016. – 21 s.
11. Okhrana okruzhajushchiej sriedy i prirodopol'zovanie. Analitichieskij (laboratornyj) kontrol' i monitoring okruzhajushchiej sriedy. Kachiestvo vody. Opriedielienije koncentracii khloridov titrimietrichieskim mietodom s nitratom sieriebra : STB 17.13.05–39–2015. – Vvied. 25.05.2015. – Minsk : Rieszp. centr analit. kontrolia v oblasti okhrany okruzhajushchiej sriedy, 2015. – 12 s.
12. Central'nyj nauchno-issliedovatel'skij institut kompleksnogo ispol'zovanija vodnykh riesursov [Eliektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <http://www.cricuwr.by>. – Data dostupa: 22.03.2023.
13. Ob utvierzhdienii ekologichieskikh norm i pravil [Eliektronnyj riesurs] : postanovlenie M-va prirod. riesursov i okhrany okruzhajushchiej sriedy Rieszp. Bielarus', 15 dek. 2023 g., № 15–T // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Rieszpubliki Bielarus'. – Riezhim dostupa: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22441063p>. – Data dostupa: 28.04.2023.
14. Amierikanskij gieofizichieskij sojuz [Eliektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <https://phys.org/>. – Data dostupa: 10.05.2023.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 19.09.2024