

3. Кумачев, В. И. Современные проблемы управления поверхностным стоком / В. И. Кумачев, А. А. Константинов // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2011. – № 3. – С. 110–117.

4. Система нулевой обработки почвы или «No-Till» технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrostory.com/info-centre/knowledge-lab/sistema-nulevoy-obrabotki-pochvy-ili-no-till-tekhnologiya/>. – Дата доступа: 07.05.2020.

5. Культиватор вместо плуга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/kultivator-vmesto-pluga.html>. – Дата доступа: 07.05.2020.

6. Свойство сапропеля как удобрения для восстановления плодородия почв [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studylib.ru/doc/4238631/otzyvchivost_sel_skochozajstvennyh-kul_tur-na-sapropelye. – Дата доступа: 17.06.2020.

7. Организация производства по получению высокоэффективных органоминеральных грунтов и удобрений путем переработки торфа и сапропеля месторождений Кличевского района Могилевской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://marr.by/ru/projects/project-mogreg/78-klichev-area/304-organizatsiya-proizvodstva-popolucheniyu-vysokoeffektivnykh-organomineralnykh-gruntov-i-udobrenij-putem-pererabotki-torfa-i-sapropelya-mestorozhdenij-klichevskogo-rajona-mogilevskoj-oblasti>. – Дата доступа: 17.06.2020.

УДК 502.51

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ВОДОЕМОВ УРБОТЕРРИТОРИЙ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2020 г.

Л. А. Кириченко, А. А. Волчек

*УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь*

Развитие урбанизации как правило негативно влияет на экологическое состояние водоемов, расположенных в черте города, зависящее от комплекса факторов, важнейшим из которых является антропогенное воздействие. Антропогенное воздействие выражается в происхождении водоема, изменении его гидроморфологических характеристик, вида и источников поступления загрязнителей в водоемы, в степени рекреационной нагрузки, в несанкционированном заборе воды и сбросе сточных вод и др. Это все усложняет определение характера экологического статуса водоема.

Согласно классификации водоемов по величине их водной поверхности, предложенной П. В. Ивановым, среди водоемов Беларуси преобладают очень малые и малые водоемы (около 90 %) с максимальной глубиной до 5 м [1]. Большинство из них имеют антропогенное или природно-антропогенное происхождение. Эти водоемы не включены в государственную сеть мониторинга экологического состояния водных объектов Беларуси, характеристики их гидроморфологических

параметров и экологического состояния отсутствуют, что не позволяет дать правовую оценку негативного воздействия на урбанизированные водоемы [2]. В связи с этим исследование экологического состояния городских водоемов особо актуально.

Современное изменение климата вызвало нарушение гидрологического режима не только рек, но и водоемов, в том числе и городских [3, 4]. Особенно это проявляется на юго-западе Беларуси, яркое подтверждение этого наглядно показывает весна 2020 г., характеризующаяся аномальными гидрологическими условиями: отсутствие ледостава и весеннего половодья на водных объектах произошло вследствие аномально высоких среднемесячных температур воздуха и отсутствия снежного покрова в зимний период. Сложившиеся погодные условия повлияли на экологическое состояние водоемов. В этот период происходит наибольшая трансформация гидрологического режима водных объектов [4, 5]. Поэтому изучение экологического статуса городских водоемов в данный период вызывает особый интерес.

Целью настоящей работы является исследование эколого-гидрохимического и гидроморфологического состояния водоемов урбанизированных территорий юго-запада Беларуси в весенний период в современных условиях.

В ходе исследования были решены следующие задачи:

1. Изучены гидроморфологические показатели водоемов урботерриторий.
2. Дана оценка гидрохимическим показателям качества воды водоемов урботерриторий в весенний период.
3. Определено состояние исследуемых водоемов в весенний период и их основные экологические проблемы.

Объектом исследования являются типичные водоемы урботерриторий юго-запада Беларуси. В результате были отобраны водоемы городов, где возможна репрезентативная выборка (Кобрин, Жабинка, Малорита, Брест). Все они характеризуются равнинными водосборами, природно-антропогенным происхождением, питанием за счет грунтовых вод и дренирующих мелиоративных каналов.

При планировании точек отбора городские водоемы были разделены на четыре группы в зависимости от характера антропогенного воздействия:

- а) водоемы в районе частной жилой застройки (характеризующиеся относительно невысокой плотностью населения в пределах городской черты);

б) водоемы парковой зоны с выраженной рекреационной нагрузкой;

в) карьерные водоемы;

г) водоемы, подвергающиеся выраженному техногенному воздействию.

Гидроморфологические характеристики водоемов определяли полевыми методами и методами ГИС-картирования по следующим морфометрическим параметрам: максимальная длина (L), максимальная ширина (B), площадь водного зеркала (A), длина береговой линии (L_l). На основе этих данных рассчитывались показатель удлинённости береговой линии ($L^* = \frac{L_l}{B}$) и степень развития береговой линии ($S = \frac{L_l}{2\pi\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$)

[6, 7].

Отбор образцов воды, консервация и транспортировка для определения гидрохимических показателей проводились в соответствии с реестром методик химического анализа поверхностных и сточных вод Республики Беларусь. Отбор проб воды проводился с приповерхностной части водоема с глубины 0,3–0,5 м. Образцы транспортировали в лабораторию и хранили в холодильнике при температуре 4 °С в течение 24 ч. Анализ проб воды проводили в течение суток с момента отбора. Анализ воды по гидрохимическим показателям осуществляли стандартными методами.

Оценка уровня эколого-гидрохимического состояния городских водоемов проводилась согласно действующим в Республике Беларусь нормативным документам [8–12].

Морфометрические характеристики исследуемых водоемов юго-запада Беларуси показаны в таблице.

Гидроморфологические параметры некоторых городских водоемов юго-запада Беларуси

Водоем	Происхождение	Площадь A , км ²	Максимальная длина L , км	Максимальная ширина B , км	Длина береговой линии L_l , км	Коэффициент удлинённости L^*	Степень развития береговой линии S
1	2	3	4	5	6	7	8
г. Кобрин							
Пруд по ул. Полесская	Природно-антропогенное	0,004	0,084	0,024	0,290	3,50	1,29

1	2	3	4	5	6	7	8
Парковый пруд	Природно-антропогенное	0,02	0,200	0,102	1,545	1,96	3,08
г. Жабинка							
Пруд Мухина-яма	Природно-антропогенное	0,002	0,064	0,039	0,250	1,64	1,58
Водохранилище «Визжар»	Природно-антропогенное	0,238	0,711	0,560	0,936	1,27	0,54
г. Малорита							
Карьер по ул. Дзержинского	Природно-антропогенное	0,007	0,144	0,060	0,370	2,4	1,25
Парковый пруд	Природно-антропогенное	0,016	0,170	0,123	0,512	1,38	1,14
Военное озеро	Природно-антропогенное	0,093	0,452	0,302	1,180	1,50	1,09
Пруд Торфболото	Природно-антропогенное	0,286	0,784	0,493	2,45	1,59	1,29
г. Брест							
Пруд по ул. Васнецова	Природно-антропогенное	0,012	0,156	0,090	0,44	1,73	1,24
Карьер по ул. Кирпичная	Природно-антропогенное	0,060	0,535	0,238	1,66	2,25	1,91
Карьер Гершонский	Природно-антропогенное	0,201	0,692	0,319	1,86	3,72	1,17
Пруд Зеркалка	Природно-антропогенное	0,046	0,286	0,201	0,812	1,42	1,07
Пруд Вычулки	Природно-антропогенное	0,234	0,706	0,602	2,120	1,17	2,24
Нижний Пруд в парке им. 1 Мая	Природно-антропогенное	0,003	0,080	0,053	0,222	1,51	1,14

Согласно принятой классификации исследуемые водоемы относятся к очень малым – 43 % (площадь 0,01–0,1км²), малым – 28,5 %

(0,1–1,0 км²) и к водоемам с площадью водного зеркала менее 0,01 км², не вошедшим в классификацию, – 28,5 %. Эти водоемы не входят в национальную систему мониторинга водных объектов, так как площадь их водной поверхности менее 1 км² [13]. Однако, исходя из полученных данных, ²/₃ городских водоемов приходится на очень малые и водоемы с площадью водной поверхности до 0,01 км².

На основании рассмотренных гидроморфологических показателей была выполнена типизация городских водоемов юго-запада Беларуси и выявлены характерные черты, присущие для урбанизированных водоемов. Исходя из показателя удлиненности береговой линии L^* , проведена типизация водоемов по видам котловин, установлено следующее соотношение:

- а) водоемы, близкие к овальной форме ($L^* = 3-5$) – 1;
- б) водоемы, близкие к округлой форме ($L^* = 1,5-3,0$) – 2;
- в) водоемы округлой формы ($L^* = 1-1,5$) – 9;
- г) водоемы, близкие к квадратной форме – 1 (пруд Вычулки).

Распределение водоемов по степени развития береговой линии (минимальное значение $S = 1,0$ – характеризует абсолютно круглое озеро) в западной части Полесской низменности свидетельствует о том, что на исследуемой территории преобладают озера с небольшой изрезанностью береговой линии (слабоизрезанные, S не более 1,5). Это округлые водоемы с плавной береговой линией, характеризующиеся преобладанием остаточных и техногенно-нарушенных котловин, развитых в пределах мелиоративно осушенной заболоченной Полесской низменности.

Таким образом, в черте города преобладают водоемы округлой формы. Однако основным критерием формирования формы городского водоема является степень изменения (спрямления, укрепления набережными) береговой линии. Установлено, что для городских водоемов изменение береговой линии значительное (более 5 %), береговая линия спрямлена практически во всех водоемах, берега парковых водоемов укреплены набережными.

В естественных условиях вода водных объектов региона юго-запада Беларуси по составу характеризуется как кальциево-натриевая гидрокарбонатная [5]. На основании проведенных исследований установлено, что в водоемах районов частной застройки урботерриторий юго-запада Беларуси наблюдается незначительная разнородность в ионном составе воды. Ее можно охарактеризовать как кальциево-магниевую гидрокарбонат-хлоридную (рис. 1, а). В пруду по ул. Полесская г. Кобрин преобладают ионы Ca^{2+} , Na^+ и HCO_3^- . В пруду

Мушина яма г. Жабинка вода кальциевая гидрокарбонат-хлоридная. В карьере по ул. Дзержинского г. Малорита вода натриевая гидрокарбонат-хлоридная. В воде пруда по ул. Васнецова и Пруда Зеркалка г. Брест установлено преобладание ионов Mg^{2+} и HCO_3^- . Повышенное содержание Mg^{2+} и Cl^- в воде водоемов связано с попаданием неорганизованных стоков ливневых вод с приусадебных участков и автодорог [14–16].

В парковых прудах г. Кобрин и г. Брест повышенные концентрации ионов Mg^{2+} , SO_4^{2-} и Cl^- (рис. 1, *b*) связаны с попаданием в водоемы многолетних неорганизованных ливневых стоков с прилегающей «зеленой» территории парков (ежегодная подкормка растительности удобрениями) и высокой рекреационной нагрузкой (в этих парках наблюдается ежегодная высокая посещаемость людей). В Парковом пруду г. Малорита установлено наименьшее антропогенное воздействие, вода в водоеме относится к гидрокарбонатно-кальциевым с заметным присутствием хлоридов (рис. 1, *b*). Зафиксированное повышенное содержание Cl^- свидетельствует о незначительном антропогенном воздействии. Это подтверждается малой рекреационной нагрузкой на водоем (посещаемость парка низкая).

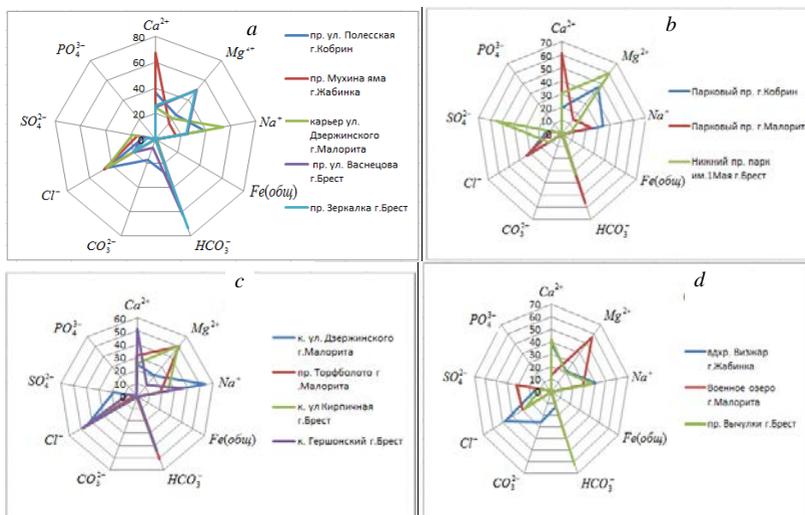


Рис. 1. Состав воды городских водоемов в весенний период 2020 г.:
a – водоемы района частной жилой застройки; *b* – водоемы парковой зоны;
c – карьерные водоемы; *d* – водоемы, подвергающиеся техногенным воздействиям

Состав воды карьерных водоемов урботерриторий неоднороден (рис. 1, с) и зависит от проводимого ранее типа разработок, впадающих мелиоративных каналов, неорганизованных ливневых стоков с прилегающих к ним автодорог. В воде карьера по ул. Кирпичная г. Брест и пруда Торфболото преобладают ионы магния, HCO_3^- и хлорид-ионы. Вода карьера Гершонского характеризуется как кальциево-натриевая гидрокарбонат-хлоридная. Высокая концентрация Cl^- связана с тем, что водоем образован в результате разработки глинистого карьера, кроме того, в водоемы поступают поверхностные ливневые стоки с автодорог и прилегающей территории частного сектора [15, 16].

Ионный состав воды водоемов четвертой рассматриваемой группы напрямую зависит от типа техногенного воздействия. В водохранилище Визжар вода является кальциево-натриевой хлоридной. В Военном озере г. Малорита вода магниевая хлоридно-сульфатная. Вода в пруду Вычулки г. Брест кальциево-натриевая гидрокарбонатная. Повышенные концентрации ионов Mg^{2+} , SO_4^{2-} и Cl^- определяют характеристику воды этих водоемов по ионному составу и подтверждают техногенное воздействие на них.

В исследуемых водоемах рН, растворенный кислород, содержание ионов кальция, гидрокарбонат-ионов, хлоридов, сульфатов, фосфатов соответствуют нормам для водных объектов в черте населенных пунктов и рекреационных зон. По величине общей минерализации воды в исследуемых водоемах относятся к слабоминерализованным (рис. 2), что характерно для исследуемого региона [5]. Однако в пруду Мухина яма г. Жабинка и Нижнем пруду парка им. 1 Мая г. Брест минерализация воды повышена и приближается к предельно допустимым концентрациям (ПДК 1000 мг/дм^3) для поверхностных вод населенных пунктов и рекреационных зон. Это связано с повышенным содержанием в воде солей кальция и магния (см. рис. 1, b).

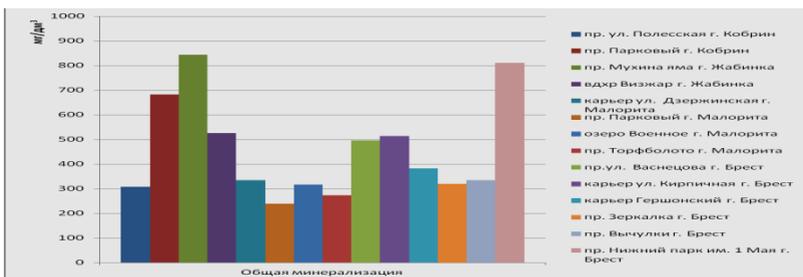


Рис. 2. Показатель общей минерализации водоемов юго-запада Беларуси в весенний период 2020 г.

Для определения загрязненности воды городских водоемов рассмотрены показатели, содержание которых превысило предельно-допустимую концентрацию с наиболее жесткими (минимальными) значениями из совмещенных списков информационных документов Республики Беларусь по качеству поверхностных вод в черте населенных пунктов, рекреационных зон и ПДК питьевой воды. Характеристика уровня загрязненности веществами приведена по кратности превышения ПДК [17, 18]. Исходя из результатов исследования, уровень загрязненности водоемов по показателям кратности превышения ПДК установлен как низкий и средний. Содержание загрязняющих веществ за весенний период 2020 г. в водоемах районов частной жилой застройки по кратности ПДК показано на рис. 3.

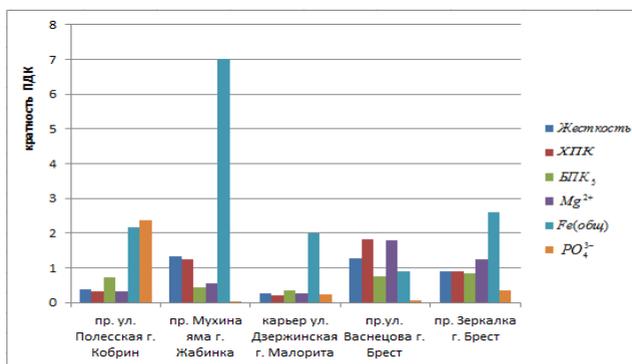


Рис. 3. Содержание загрязняющих веществ в водоемах районов частной жилой застройки урботерриторий юго-запада Беларуси, весна 2020 г.

Исходя из результатов исследования увеличение уровня загрязненности железом и фосфатами, другими веществами установлено для пруда по ул. Полесской г. Кобрин, для пруда Мухина яма г. Жабинка – по жесткости, химическому потреблению кислорода (ХПК) и железу общему. В прудах г. Брест наблюдается схожая тенденция: повышенные ХПК, жесткость, Mg²⁺, Fe (общ). В карьере по ул. Дзержинского вода чистая, зафиксированное превышение ПДК Fe (общ) в 2 раза является типичным для исследуемого региона.

Загрязнение воды по величине кратности превышения ПДК зафиксировано по жесткости, Mg²⁺ и железу общему для большинства парковых водоемов (рис. 4). Наблюдается незначительное превышение ПДК в воде паркового пруда г. Малорита по ХПК, биохимическому потреблению кислорода (БПК), железу общему.

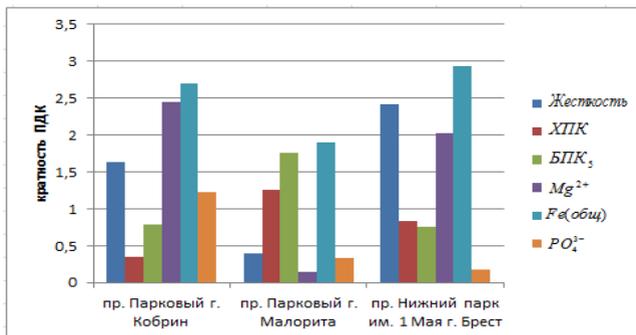


Рис. 4. Содержание загрязняющих веществ в парковых прудах урботерриторий юго-запада Беларуси, весна 2020 г.

Содержание загрязняющих веществ за весенний период 2020 г. в карьерных водоемах урбанизированных территорий по кратности ПДК показано на рис. 5. Во всех водоемах наблюдается тенденция повышенного содержания железа общего. В карьере по ул. Дзержинской г. Малорита содержание веществ по остальным показателям не превышает ПДК, вода в водоеме чистая. В воде Торфболота выявлено превышение нормативов по ХПК и БПК. Это свидетельствует о загрязнении воды легкоокисляемыми органическими и неорганическими веществами [19, 20]. В обводненных карьерах г. Брест вода жесткая, наблюдается превышение ПДК в 1,1–1,5 раза. Жесткость воды в этих водоемах прямо пропорциональна концентрации ионов Mg^{2+} (рис. 5). Повышение концентраций Mg^{2+} связано с ненормируемым сбросом поверхностных ливневых вод с прилегающей территории.

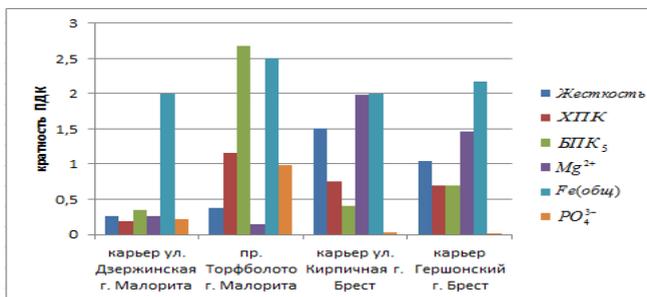


Рис. 5. Содержание загрязняющих веществ в карьерных водоемах урботерриторий юго-запада Беларуси, весна 2020 г.

Воды водоемов с выраженным техногенным влиянием характеризуются превышением ПДК по нескольким показателям (рис. 6). Как и в других водоемах наблюдается тенденция повышенного содержания железа общего в 2,0–5,5 раза.

В водохранилище Визжар г. Жабинка кратность превышения ПДК загрязняющих веществ незначительная (1,1–1,5 раза), однако это превышение наблюдается по пяти показателям: ХПК, БПК, содержанию ионов Mg^{2+} , жесткости и железу общему. Это связано с высокими фоновыми показателями (по железу) и присутствием в воде недоочищенных промышленных сточных вод ОАО «Жабинковский сахарный завод».

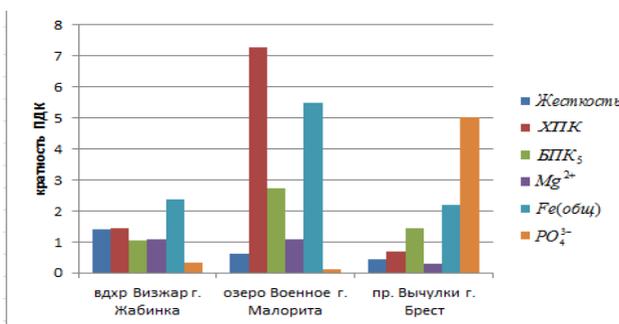


Рис. 6. Содержание загрязняющих веществ в водоемах урботерриторий подвергающихся техногенным воздействиям, весна 2020 г.

Вода Военного озера г. Малорита загрязнена легкоокисляемыми органическими веществами, по БПК показатель ПДК превышен в 2,7 раза, а по ХПК – в 7,3 раза. Это свидетельствует об эвтрофикации данного водоема [16, 20]. В пруду Вычулки г. Брест установлено устойчивое превышение ПДК фосфатов в 5 раз. Это загрязнение связано с попаданием в водоем неорганизованных поверхностных сточных и ливневых вод с прилегающей территории тепличного комбината «Берестье».

Проведенные гидроэкологические исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Исходя из анализа гидроморфологических показателей проведена типизация городских водоемов по площади водной поверхности. Установлено преобладание малых и очень малых водоемов природно-антропогенного происхождения на рассматриваемой урботерритории.

Выявлено преобладание урбанизированных водоемов округлой формы. Однако определено, что форма водоема полностью зависит от антропогенного воздействия.

2. Воды урбанизированных водоемов юго-запада Беларуси слабо-минерализованы, однако повышенное солесодержание выявлено для водоемов Паркового пруда г. Кобрин, пруда Мухина яма г. Жабинка и Нижнего пруда парка им. 1 Мая г. Брест. Эти водоемы характеризуются высоким содержанием соединений кальция и магния и, как следствие, повышенной жесткостью.

3. Исходя из гидрохимических показателей в весенний период 2020 г. уровень загрязнения большинства исследуемых водоемов низкий, кроме водоемов, подверженных техногенным воздействиям, – для этих водоемов уровень загрязнения установлен как средний. Уровень загрязнения водохранилища Визжар г. Жабинка зависит от сбрасываемых промышленных сточных вод ОАО «Жабинковский сахарный завод»; уровень загрязнения Военного озера г. Малорита зависит от сбрасываемых сточных вод Хлебозавода Малоритского райпо и ОАО «Малоритский консервно-овощесушильный комбинат»; пруда Вычулки г. Брест – от попадающих в водоем поверхностных сточных и ливневых вод ОАО «Тепличный комбинат «Берестье».

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов, Б. П. Природно-хозяйственная классификация озер Беларуси / Б. П. Власов // Выбранные научные работы БДУ. – 2001. – С. 315–332.
2. Кириченко, Л. А. Проблемы мониторинга малых водных объектов урбанизированных территорий / Л. А. Кириченко // Мелиорация и сельское строительство. Поиск молодежи: сб. науч. тр. студентов, магистрантов, аспирантов и соискателей / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия: под ред. Р. А. Другомилова. – Горки: РПЦ «Печатник», 2019. – С. 67–68.
3. Коронкевич, Н. И. Экстремальные гидрологические ситуации / отв. ред. Н. И. Коронкевич, Е. А. Барабанова, И. С. Зайцева. – Москва: Медиа-ПРЕСС, 2010. – 464 с.
4. Волчек, А. А. Минимальный сток рек Беларуси (Основные закономерности формирования и методы расчета) / А. А. Волчек, О. И. Грядунова. – Брест: БрГУ, 2010. – 170 с.
5. Волчек, А. А. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменений климата / А. А. Волчек, В. Н. Корнеев. – Минск: Альтернатива, 2017. – 239 с.
6. Малоземова, О. В. Морфометрическая характеристика озер в различных ландшафтах востока Ленинградской области / О. В. Малоземова // Изв. Рос. гос. пед. ун-та им. А. И. Герцена. Сер. Естествознание. – 2012. – № 114. – С. 112–121.
7. Морфометрические параметры разнотипных озер севера Якутии / Р. М. Городничев [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 1. – С. 18–25.

8. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10-124 РБ 99. – Введ. 01.01.00. – Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 1999. – 112 с.
9. Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения: СанПиН 2.1.2.12-33-2005. – Введ. 02.01.06. – Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2005. – 23 с.
10. Комплексная оценка экологического риска и расчет норм допустимых рекреационных нагрузок на водоемы в зонах отдыха Беларуси: ТКП 17.06-17-2018 (33140). – Введ. 01.06.19. – Минск: М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2018. – 28 с.
11. Санитарные нормы и правила «Требования к содержанию поверхностных водных объектов при их рекреационном использовании»; Гигиенический норматив «Допустимые значения показателей безопасности воды поверхностных водных объектов для рекреационного использования»: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 5 дек. 2016 г., № 122: введ. 20.12.16. – Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2016. – 10 с.
12. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.10-21-2003. – Введ. 01.04.05. – Минск: М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2003. – 60 с.
13. Кириченко, Л. А. Состояние экологического статуса водоемов бассейна реки Западный Буг / Л. А. Кириченко // *Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер. 2.* – 2019. – № 115. – С. 78–81.
14. Бульская, И. В. Сток с урбанизированных территорий и его очистка / И. В. Бульская, А. А. Волчек // *Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Серия: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология.* – 2013. – № 2. – С. 88–92.
15. Волчек, А. А. Ливневый сток как источник загрязнения поверхностных вод / А. А. Волчек, И. В. Бульская // *Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Серия: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология.* – 2012. – № 2. – С. 39–41.
16. Rashid, I. Impact of anthropogenic activities on water quality of Lidder River in Kashmir Himalayas / I. Rashid, S. A. Romshoo // *Environ. Monit. Assess.* – 2013. – № 185 (6). – P. 4705–4719.
17. РД 52.24.643-2002 Методические указания: метод комплексной оценки по гидрохимическим показателям // РОСГИДРОМЕТ. – Ростов-на-Дону, 2002. – 55 с.
18. Двуреченская, С. Я. Определение качества воды водохранилища по интегральным показателям в периоды разной водности / С. Я. Двуреченская, Т. М. Булычева // *Вода и экология: проблемы и решения.* – 2017. – № 1. – С. 44–53.
19. Response of Water Chemistry to Long-Term Human Activities in the Nested Catchments System of Subtropical Northeast India / P. Prokop [et al.] // *Water.* – 2019. – № 11. – 988 p.
20. Justus, B. Water quality of potential reference lakes in the Arkansas Valley and Ouachita Mountain ecoregions, Arkansas / B. Justus, B. Meredith // *Environ. Monit. Assess.* – 2014. – № 186 (6). – P. 3785–3800.