

543.73+574.633:504.064.47

А. Г. Литвинова¹, А. Н. Лицкевич²

¹канд. биол. наук, науч. сотрудник лаб. гидроэкологии и экотехнологий

Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

²зав. лаб. гидроэкологии и экотехнологий

Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

e-mail: nastya_litvinova_1986@mail.ru

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРЕДПРИЯТИЙ СЭЗ «БРЕСТ»

Изучены гидрохимический состав и качество ливневых вод пяти крупнейших предприятий СЭЗ «Брест» площадки аэропорта, а также поверхностных вод р. Мухавец в зоне сброса сточных вод. Выявлен низкий уровень загрязнения ливневых стоков по показателям фосфатов, сульфатов и аммонийного азота. Высокий уровень загрязнения как ливневых, так и речных вод отмечается по показателям нитритов, железа, ХПК и нефтепродуктов. Из всех исследованных предприятий наиболее высоким уровнем загрязнения характеризовался сток СООО «Бонше».

Введение

Основными источниками загрязнения поверхностных водных объектов являются сточные воды. Приоритетными компонентами загрязняющих веществ в составе сбрасываемых сточных вод (имеющими наибольшие значения кратности превышения среднегодовых концентраций по отношению к ПДК) для большинства бассейнов рек являются аммоний-ион, фосфат-ион, нитрит-ион, БПК₅, соединения железа общего [1]. Они вызывают усиленную эвтрофикацию, нарушение естественной динамики и процессов миграции химических веществ в воде, снижение способности рек и озер к самоочищению. Высокоопасными являются сточные воды, содержащие в своем составе нефтепродукты. Они создают на поверхности нефтяную пленку, что приводит к уменьшению количества кислорода в водоемах [2].

Наибольшее воздействие на качество речных вод оказывает сброс сточных вод предприятий и населенных пунктов. На втором месте по массе сбрасываемых загрязняющих веществ – поверхностный или ливневый сток. Эти сточные воды образуются в результате выпадения дождей и таяния снега. В большинстве случаев ливневые сточные воды относят к слабозагрязненным и сбрасывают в водоем или городскую ливневую канализацию без очистки. Доля сброса загрязнителей в реки с поверхностным стоком может достигать половины от всей массы сбрасываемых веществ. На промышленных предприятиях, где не функционируют действенные меры против загрязнения территории сырьем, отходами производства, продуктами вентиляционных выбросов и т. д., ливневые воды в отдельные периоды по составу приближаются к загрязненным производственным сточным водам и даже превосходят их по вредности [3]. Такое загрязнение поверхностными сточными водами в той или иной степени затрагивает бассейны абсолютно всех крупных рек Беларуси. Действие этих факторов сказывается и на состоянии бассейна р. Зап. Буг, обуславливая высокий уровень загрязнения его крупнейшего притока – р. Мухавец. Так, согласно данным мониторинга поверхностных вод, в 2014 г. в г. Бресте был зафиксирован сброс в поверхностные воды недостаточно очищенных сточных вод [2].

Цель исследования – изучить состав и показатели качества поверхностных сточных вод предприятий СЭЗ «Брест» площадки аэропорта, а также поверхностных вод р. Мухавец в зоне их воздействия и установить степень загрязнения водотока поверхностными стоками предприятий.

Материалы и методы

Образцы поверхностных сточных вод (СВ) предприятий были отобраны из тока ливневой канализации в период обильного дождя 17.07.2019. Были обследованы сточные воды с площадок следующих крупных предприятий, входящих в состав СЭЗ «Брест» и сосредоточенных в районе брестского аэропорта. Сюда относятся: ООО «Арлайт и К» (производство светодиодов и светодиодной ленты), «Ай Пауэр» (производство свинцово-кислотных аккумуляторных батарей), ЗАО «БЕЛС» (производство мебели), ИЧПТУП «Диском» (производство строительных отделочных материалов) и СООО «Бонше» (грибное производство). Также исследованы образцы ливневых сточных вод предприятий СЭЗ в районе входа на очистные сооружения. Кроме того, были исследованы показатели качества вод реки в зоне непосредственного влияния предприятий: канал-приемник сточных вод, два створа р. Мухавец ниже выпуска сточных вод, выпуск СВ в р. Мухавец и р. Мухавец выше выпуска СВ. Отбор образцов сточной и поверхностной воды для проведения последующих аналитических испытаний проводился в зависимости от показателей в стеклянные и пластиковые емкости объемом 1 и 1,5 л из ливневых коллекторов (сточные) или русла реки (поверхностные воды). Образцы подвергались консервации и были доставлены в лабораторию гидроэкологии и экотехнологий ПАЭИ НАН Беларуси для определения физико-химических показателей.

Результаты и их обсуждение

Качество воды исследовалось по целому комплексу физических и химических показателей: рН, взвешенные вещества, сухой остаток, солесодержание, удельная электропроводимость, нефть и нефтепродукты, химическое потребление кислорода, бихроматная окисляемость ХПК_{Cr}, концентрация аммонийного азота, сульфатов, железа общего, ортофосфатов в пересчете на Р, хлорид-, нитрат- и нитрит-ионов. Характеристика полученных результатов физико-химического анализа образцов воды представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Физико-химические показатели образцов воды СЭЗ «Брест»

| Номер образца пробы | рН | Взвешенные вещества, мг/дм ³ | Солесодержание, мг/дм ³ | Удельная электропроводимость, мкСм/см | Сухой остаток, мг/дм ³ | Нефтепродукты, мг/дм ³ |
|---------------------|----------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 7,24 | 25,2 | 25,82 | 54,92 | 54 | 1,55 |
| 2 | 7,7 | <3 | 57,51 | 122,6 | 72 | 0,087 |
| 3 | 5,94 | <3 | 6,599 | 14,25 | 16 | 0,188 |
| 4 | 6,81 | <3 | 28,66 | 61,93 | 63 | 0,144 |
| 5 | 7,1 | 115525 | 315,8 | 649,9 | 571 | 0,163 |
| 6 | 7,15 | <3 | 75,48 | 35,31 | 56 | 0,123 |
| 7 | 7,0 | 24,4 | 71,59 | 151,1 | 107 | 0,142 |
| 8 | 7,62 | 10,8 | 238,9 | 496,9 | 333 | 0,035 |
| 9 | 7,61 | 4,4 | 216,1 | 449,2 | 1233 | 0,056 |
| 10 | 7,63 | <3 | 216,6 | 450,6 | 1006 | 0,047 |
| 11 | 7,64 | 5,2 | 214,9 | 446,5 | 311 | 0,054 |
| 12 | 7,61 | 14,0 | 215,9 | 448,9 | 303 | 0,153 |
| ПДК | 6,5–8,5 | 25 | 1000 | 30–1500 (реки) | – | 0,05 |

Примечание – **1** – ООО «Арлайт и К», **2** – «Ай Пауэр», **3** – ЗАО «БЕЛС», **4** – ИЧПТУП «Диском», **5** – СООО «Бонше», **6** – СООО «Бонше», **7** – вход на очистные сооружения, **8** – канал-приемник сточных вод, **9** – р. Мухавец ниже выпуска, **10** – р. Мухавец ниже выпуска, **11** – выпуск СВ в р. Мухавец, **12** – р. Мухавец выше выпуска; **1–7** – сточные, **8–12** – поверхностные воды.

Здесь и ниже значения ПДК взяты из нормативов качества воды поверхностных водных объектов, указанных в постановлении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 г. № 13 [4].

Значения рН всех исследованных вод находились в установленном допустимом диапазоне 6,5–8,5. Слабокислой реакцией среды характеризуются лишь ливневые воды ЗАО «БЕЛС» (5,94). Содержание взвешенных веществ в исследованных сточных и речных водах находилось ниже или на уровне установленного значения ПДК, колеблясь в пределах от менее 3 до 25,2. На этом фоне резко выделяется поверхностный сток СООО «Бонше», где концентрации взвешенных веществ достигали отметки 115 тыс. Солесодержание всех исследованных образцов вод не достигало отметки 1 000 мг/дм³, особенно низким уровнем показателя выделялся поверхностный сток ЗАО «БЕЛС». Показатель удельной электропроводимости изменялся в районе 35,3–649,9 мкСм/см и лежал в диапазоне величин, характерных для рек (30–1 500 мкСм/см). Величина сухого остатка в целом оказалась ниже в образцах сточных вод в сравнении с исследованными образцами речной воды. Повышенная минерализация была характерна лишь для ливневых вод СООО «Бонше». А вот воды Мухавца ниже выпуска сточных вод СЭЗ отличаются высокой степенью минерализации (величина сухого остатка превышает 1 000 мг/дм³).

Сточные воды с территорий всех исследованных предприятий характеризовались повышенным содержанием нефтепродуктов (0,087–0,188 мг/дм³), превышающим показатель ПДК для поверхностных вод. Особенно высоким уровнем загрязнения нефтепродуктами характеризовался поверхностный сток ООО «Арлайт и К» (1,55 мг/дм³). В водах реки содержание нефтепродуктов было ниже, чем в смываемых поверхностных водах, и изменялось в границах 0,035–0,056 мг/дм³, находясь примерно на уровне установленного ПДК (0,05 мг/дм³). Повышенное содержание нефтепродуктов фиксировалось лишь на участке реки выше выпуска сточных вод (0,153 мг/дм³).

Содержание биогенных веществ в исследованных образцах воды

Содержание азота аммонийного в образцах исследованных вод представлено на рисунке 1.

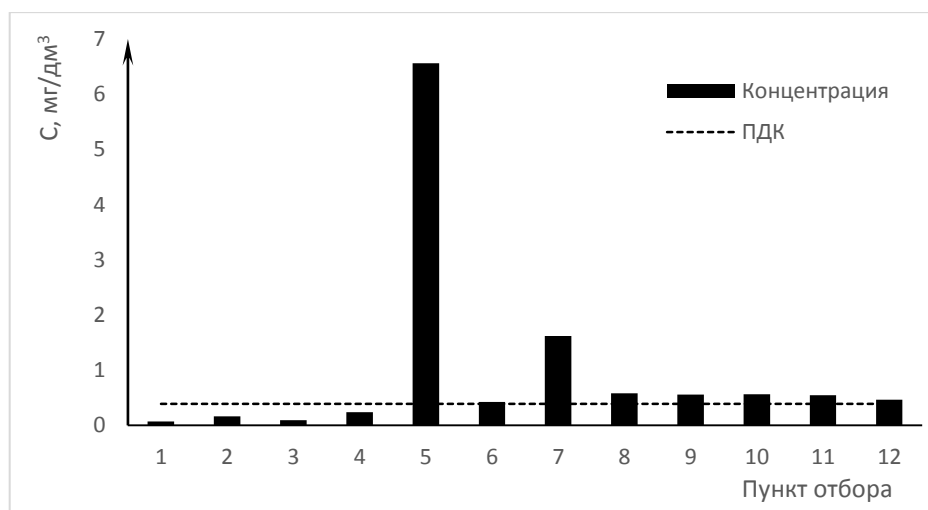


Рисунок 1. – Концентрации азота аммонийного в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгN/дм³

Содержание иона аммония в водах поверхностных стоков было критически высоким лишь на одном из двух исследованных пунктов СОО «Бонше» ($6,56 \text{ мгN/дм}^3$) и превысило приводимые нормативы ПДК для поверхностных вод приблизительно в 16 раз.

Также превысило значение ПДК содержание аммонийного азота в сточных водах, поступающих на очистные сооружения СЭЗ. Поверхностный смыв с территорий остальных исследованных предприятий не характеризовался превышениями установленных нормативов по аммоний-иону и колебался в пределах значений $0,07\text{--}0,42 \text{ мгN/дм}^3$. В водах р. Мухавец, находящихся в зоне влияния сточных вод предприятий, содержание аммонийного азота несколько превышало нормы ПДК и составило на разных створах $0,46\text{--}0,58 \text{ мгN/дм}^3$.

Концентрации нитратного азота (рисунок 2) были очень низкими как в водах поверхностных стоков ($0,023\text{--}1,23 \text{ мгN/дм}^3$), так и в речных водах ($0,12\text{--}0,26 \text{ мгN/дм}^3$) и ни на одном из исследованных пунктов не достигали величины ПДК ($9,03 \text{ мгN/дм}^3$).

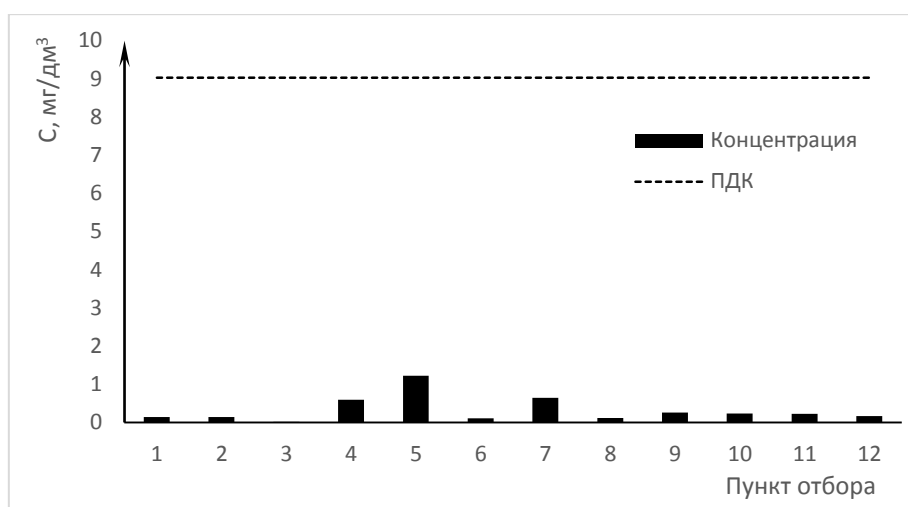


Рисунок 2. – Содержание азота нитратного в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгN/дм^3

Содержание азота нитритного испытывало сильные колебания в водах, отобранных на разных пунктах (рисунок 3).

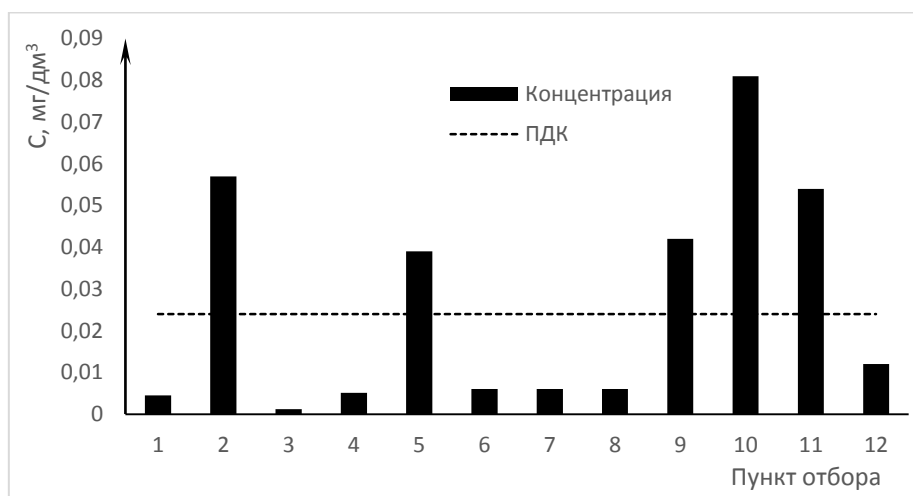


Рисунок 3. – Содержание азота нитритного в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгN/дм^3

Высоким уровнем нитритов характеризовался ливневый сток с зон предприятий ООО «Ай Пауэр» ($0,057 \text{ мгN/дм}^3$) и СООО «Бонше» ($0,039 \text{ мгN/дм}^3$). Сток с территорий остальных заводов не характеризовался высокими показателями содержания нитритного азота ($0,0012\text{--}0,006 \text{ мгN/дм}^3$).

Содержание иона в воде исследованных створов реки также разнилось и было невысоким в канале-приемнике сточных вод ($0,006 \text{ мгN/дм}^3$) и участке выше их выпуска ($0,012 \text{ мгN/дм}^3$). В зоне непосредственного выпуска сточных вод в реку, а также на створе ниже ее воды реки отличались высоким содержанием нитритов ($0,042\text{--}0,081 \text{ мгN/дм}^3$), превышающим уровень ПДК.

Содержание фосфатов в образцах исследованных вод представлено на рисунке 4.

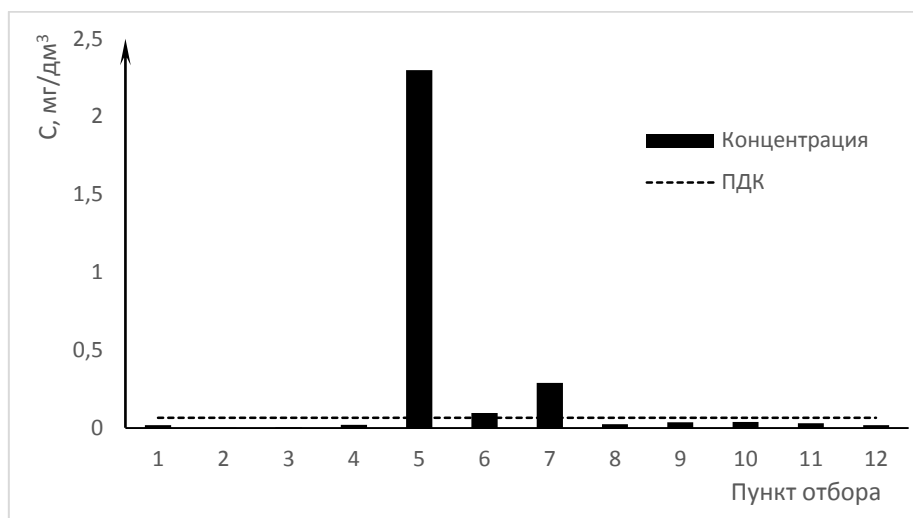


Рисунок 4. – Содержание фосфат-иона в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мгP/дм³

Концентрации фосфат-иона практически нигде не достигали значения отметки ПДК и лежали в пределах $0,0017\text{--}0,038 \text{ мгP/дм}^3$. Высоким содержанием фосфатов отличались поверхностный сток с территории «Бонше», а также поверхностный сток, поступающий на очистные сооружения СЭЗ. Содержание сульфатов представлено на рисунке 5.

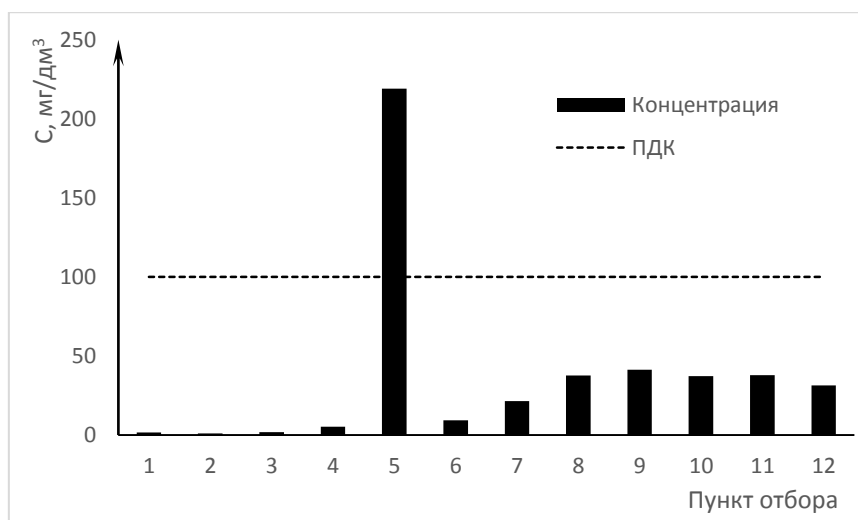


Рисунок 5 – Содержание сульфат-иона в образцах исследованных сточных и поверхностных вод, мг/дм³

Содержание сульфатов было очень низким в поверхностных сточных водах ($0,957\text{--}21,4\text{ мг/дм}^3$) и несколько повышалось в водах р. Мухавец ($31,4\text{--}41,2\text{ мг/дм}^3$), но не достигало отметки ПДК (100 мг/дм^3). Исключение составил поверхностный сток ООО «Бонше», где концентрации достигали величины 219 мг/дм^3 .

Концентрации хлоридов в образцах всех исследованных вод были очень низкими ($0,72\text{--}28,1\text{ мг/дм}^3$) и нигде не достигали отметки ПДК (300 мг/дм^3).

Загрязнение органическими веществами и превышение ПДК (30 мг/дм^3) по показателю химического потребления кислорода (рисунок 6) характерно для всех образцов исследованных вод ($31,7\text{--}80,9\text{ мг/дм}^3$). Исключение составили поверхностный сток с территории аккумуляторного завода, отличающийся низким значением показателя ($14,9\text{ мг/дм}^3$) и поверхностные сточные воды ООО «Бонше» с очень высоким значением показателя ХПК (342 мг/дм^3).

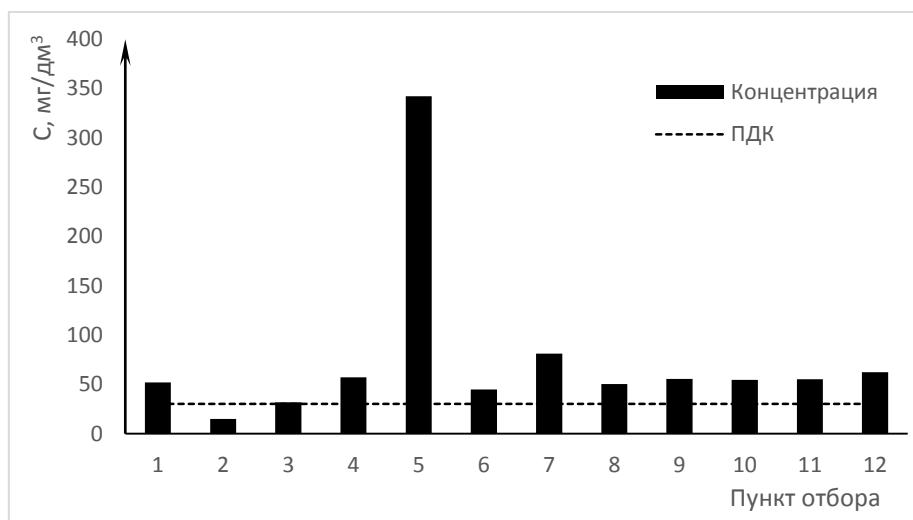


Рисунок 6 – Показатель химического потребления кислорода (ХПК) в исследованных образцах вод, мг/дм³

Картина содержания в исследованных сточных и поверхностных водах железа общего представлена на рисунке 7.

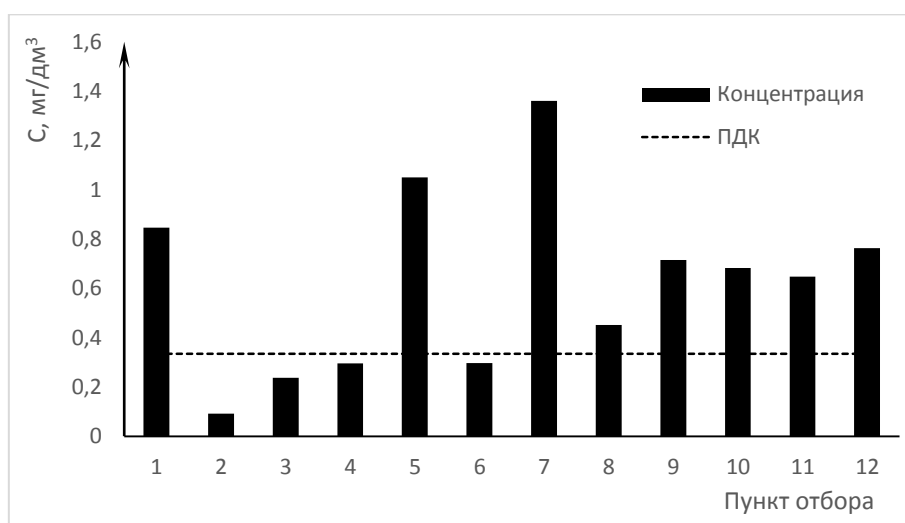


Рисунок 7 – Концентрация железа общего в образцах исследованных вод, мг/дм³

На рисунке 7 отражено, что повышенные концентрации металла фиксируются в речных водах (0,451–0,682 мг/дм³), а также в ливневых водах ООО «Арлайт и К» (0,846 мг/дм³), СООО «Бонше» (1,05 мг/дм³) и на входе на очистные сооружения (1,36 мг/дм³).

Относительно невысокими значениями содержания металла, не достигающими отметки ПДК, характеризуются поверхностные сточные воды «Ай Пауэр» (0,092 мг/дм³), ЗАО «БЕЛС» (0,237 мг/дм³), ИЧПГУП «Диском» (0,296 мг/дм³) и второй из обследованных точек СООО «Бонше» (0,297 мг/дм³).

Заключение

Был осуществлен анализ летнего поверхностного стока пяти крупнейших предприятий СЭЗ «Брест» (площадка аэропорта) по комплексу физико-химических показателей.

По показателям *нитратов и хлоридов* значения были очень низкими как в сточных, так и в поверхностных водах и ни на одном из исследованных пунктов не достигали величины ПДК. По всем остальным химическим показателям были установлены факты превышения нормируемой величины в тех или иных образцах вод.

Схожая картина изменения концентраций ионов отмечена для показателей *фосфатов, сульфатов и иона аммония*. По ним в большинстве исследованных образцов отмечены невысокие значения, не достигающие величин ПДК, в поверхностном же стоке СООО «Бонше» концентрации значительно превышали установленные нормативы (по фосфатам и аммонийному азоту также и на входе на очистные сооружения). При этом в водах реки содержание данных ионов было несколько выше в сравнении с водами поверхностных стоков (по иону аммония лежало примерно в границах норм ПДК), что, вероятно, объясняется вкладом производственных стоков.

Наиболее загрязненными *нитритами* являлись ливневые сточные воды предприятий «Ай Пауэр» и СООО «Бонше», для которых отмечено превышение установленного норматива, а также поверхностные воды реки в зоне выпуска сточных вод и ниже ее.

Повышенные концентрации *железа* отмечаются как для сточных вод (ООО «Арлайт и К», СООО «Бонше», вход на очистные сооружения), так и для речных. Практически все образцы исследованных вод были загрязнены органическими веществами, о чем свидетельствуют полученные значения ХПК, которые были особенно высокими для сточных вод СООО «Бонше».

Ливневые воды предприятий были сильнее загрязнены *нефтепродуктами* в сравнении с речными водами, особенно сильно ООО «Арлайт и К».

Из пяти исследованных предприятий наибольший вклад в загрязнение вод р. Мухавец поверхностным стоком вносило СООО «Бонше», в исследованных водах которого наблюдалось значительное превышение ПДК по 6 из 9 исследованных химических показателей. Оно вносит сильный вклад в загрязнение реки сульфатами, железом, легкоокисляемыми органическими веществами, аммоний-ионом и фосфатами. Необходимо отметить также значительный вклад в загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами и железом ливневого стока ООО «Арлайт и К».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2016 год) / М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь ; редкол.: В. Н. Корнеев [и др.]. – Минск : ЦНИИКИВР, 2017. – 172 с.

2. Логинов, В. Ф. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2014 г. / В. Ф. Логинов. – Минск : Ин-т природопользования НАН Беларуси, 2015. – 344 с.

3. Влияние сбросов сточных вод на качество воды рек Республики Башкортостан / Н. С. Минигазимов [и др.] // Вестн. Акад. наук Респ. Беларусь. – 2019. – Т. 31, № 2 (94). – С. 35–45.

4. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс] : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 30 марта 2015 г., № 13 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: http://pravo.by/upload/docs/op/W215298-08_1429909200.pdf. – Дата доступа: 04.02.2020.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 05.03.2020

Litvinava A. G., Litskevich A. N. Surface Wastewater's Physical and Chemical Parameters Assessment of Some Plants of Free Economic Zone «Brest»

Surface wastewater hydrochemistry quality of Free Economic Zone «Brest», Airport site five biggest enterprises, as well as Mukhavets river waters under their influence were studied. Low level of rain waste waters contamination was established in terms of PO_4^{3-} , SO_4^{2-} and NH_4^+ ions contents. The high level of contamination of both, rain waste waters and river waters, was established in terms of NO_2^- , common iron, low-molecular organic matter and petroleum products. Among the all enterprises observed, limited liability company «Bonshe» was characterized by the highest pollution level of rain waste waters.