

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80>**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ГИДРОБОТАНИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДКИ ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

Научная статья

Смирнова Е.А.^{1,*}¹ Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (smirnova.eliz.iii[at]yandex.ru)

Аннотация

В данной статье рассматривается гидрботаническая площадка как объект очистки сточных вод с автомагистрали. С помощью гидрохимического анализа, проведенного на территории Курортного района Санкт-Петербурга, исследована гидрботаническая площадка, непосредственно связанная с «Западным скоростным диаметром». Изучены основные особенности устройства данного очистного сооружения и его состояния на момент исследования. В процессе работы были получены данные 8-ми точек отбора проб в двух биологических прудах, дренажных каналах, а также реки Черной, куда поступают очищенные сточные воды с автомагистрали. Полученные значения гидрохимических показателей выявили превышение ПДК по нефтепродуктам, хлоридам, нитритному азоту, натрию и железу общему. Сравнив значения в биоотстойниках и прилегающих к ним дренажных каналов, можно утверждать, что загрязняющие вещества, проходя через фильтрующие касеты, очищаются недостаточно, и превышение ПДК во многих случаях остается. Изучив предыдущее исследование в данном месте и выводы других авторов по очищению вредных веществ с помощью биологических прудов, заметим множество факторов, которые стоит учитывать перед строительством очистного сооружения. Установили, что контроль за исследованным объектом проводится крайне редко, и состояние сооружения не является практичным. Анализ работы показал недостаточную эффективность имеющейся гидрботанической площадки в плане расчета строительства и эксплуатации сооружения, что, в свою очередь, становится причиной последующего загрязнения прилегающей территории.

Ключевые слова: очистные сооружения, гидрботаническая площадка, автомагистраль, гидрохимический анализ.**AN EVALUATION OF WASTEWATER TREATMENT EFFICIENCY ON THE EXAMPLE OF THE CONSTRUCTED WETLAND OF ST. PETERSBURG**

Research article

Smirnova E.A.^{1,*}¹ Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (smirnova.eliz.iii[at]yandex.ru)

Abstract

This article examines the constructed wetland as a facility for the treatment of waste water from the highway. By means of hydrochemical analysis carried out in the Kurortny district of St. Petersburg, the constructed wetland directly connected with the "Western High-Speed Diameter" is studied. The main features of the structure of this treatment facility and its condition at the time of the study were examined. In the course of the work, data were obtained from 8 sampling points in two biological ponds, drainage channels, as well as the Chernaya River, which receives treated wastewater from the motorway. The obtained values of hydrochemical indicators revealed exceedance of MPC for oil products, chlorides, nitrite nitrogen, sodium and total iron. By comparing the values in the bioswales and adjacent drainage channels, it can be stated that pollutants passing through the filter cassettes are not sufficiently purified, and exceedance of MPCs remains in many cases. Having studied the previous research at this site and the findings of other authors on the purification of pollutants using biological ponds, we notice many factors that should be taken into account before constructing a treatment facility. It was found that monitoring of the studied site is very rare and the condition of the facility is impractical. The analysis of the work showed the insufficient efficiency of the available constructed wetland in terms of calculating the construction and operation of the structure, which, in turn, becomes the cause of subsequent pollution of the adjacent area.

Keywords: wastewater treatment plants, constructed wetland, highway, hydrochemical analysis.**Введение**

Охрана окружающей среды в наше время становится всё более значимой в задачах по предотвращению загрязнения водоемов сточными водами. Каждый год разрабатываются новые способы очистки, однако выбор этих методов представляет собой сложную задачу. В эксплуатацию вводятся наиболее простые и изученные способы, но строительство этих сооружений иногда не подходит для определенной местности. При таких условиях стоит определить, насколько эффективна данная конструкция для очистки загрязненных вод, чтобы способствовать улучшению состояния природной среды.

На данный момент самым распространенным и одновременно простым методом от загрязнений является биологический. Главные достоинства этого способа очистки – дешевизна строительства и легкость в эксплуатации. Считается, что на автомобильных дорогах высокой категории целесообразней всего применять гидробиологические площадки [4].

Гидрботанические площадки (ГБП) представляют собой комплекс малых прудов небольшой глубины, заросшие высшей водной растительностью и находящимися в них природными сорбентами для очистки сточных вод. Их конструкция представляет собой четко прописанные элементы, которые определены Федеральным дорожным агентством [4]. В основу метода вложен принцип самоочищения воды в специальных резервуарах (биологических прудах), в них микроорганизмы используют органические вещества для собственной жизнедеятельности [8].

С быстрым развитием Санкт-Петербурга в последние десятилетия было построено множество автодорог, наибольший масштаб имела автомагистраль, связывающая южную часть города с северной – «Западный скоростной диаметр» (ЗСД). Разнообразные химические вещества с автомагистралей попадают в поверхностные воды, тем самым загрязняя экосистему. Для минимизации ущерба попадания загрязненных сточных вод в природную среду вдоль всего Западного скоростного диаметра (ЗСД) были выстроены гидрботанические площадки.

Очищенные воды после ГБП попадают в реку Черную, а далее в Сестрорецкий разлив. Устье реки расположено на территории заказника «Сестрорецкое болото» [7], где находятся удивительная природная экосистема. Здесь простирается крупнейшее болото в городе Санкт-Петербурге, место стоянок водоплавающих и околоводных птиц. В последнее время Сестрорецкий залив начинает зарастать водной растительностью. Процесс эвтрофикации во многом происходит вследствие увеличения хозяйственной деятельности в реках Сестра и Черная. Таким образом, очищение сточных вод является чрезвычайно важным элементом в сохранении общего баланса экосистемы. Также, немало важным является создание ещё одной особо охраняемой природной территории (ООПТ) на исследуемой области, а именно заказник «Левашовский», который был создан в 2023 году [5]. Этот заказник – крупнейший в городе (2704 га) и наиболее хорошо сохранившийся естественный природный массив с низким уровнем антропогенного воздействия. Цель данного заказника – сохранение и восстановление хрупких природных комплексов, наиболее уязвимых к внешнему вмешательству, таких как водно-болотных угодий.

Магистраль скоростного движения в Санкт-Петербурге пересекает реку Чёрная, которая несёт свои воды по особо охраняемым природным территориям в крупнейший искусственный водоём – Сестрорецкий разлив, находящийся в черте города, что вызывает опасения загрязнённости территории. Чтобы проследить эффективность работы очистных сооружений на Северном участке ЗСД близи территории заказников были исследованы два биологических пруда вдоль автомагистрали города Санкт-Петербурга.

Методы и принципы исследования

Исследование эффективности гидрботанических площадок проводилось на примере очистных сооружений ЗСД. Выбрана территория заказника «Левашовский», находящаяся в Курортном районе Санкт-Петербурга. Проведен отбор гидрохимических проб в двух биоотстойниках, приуроченных к ним дренажных каналов и реки Черной. Мониторинговые данные получены весной и осенью 2023 года на 8-ми точках (см. рис. 1). Первые три точки (Ч1 – Ч3) были взяты из реки Чёрной, чтобы определить попадание сточных вод с ЗСД. Две точки характеризуют гидрохимические особенности воды в биопрудах (Ч6, Ч8), а оставшиеся в дренажных каналах, впадающих в реку Черную. Выезды осуществлялись по утрам 19. 04. 23 года и 19. 10. 23 года. Для отбора брали с собой 16 штук темных склянок на нефтепродукты, а для остальных показателей – 8 пластиковых бутылок на 1 л и 1,5 л.



Рисунок 1 - Точки отбора проб воды
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.1>

Выезды включали рекогносцировку для проверки водоемов в обозначенных точках во время повышения уровня воды. Сам отбор производился с берега стеклянными и пластиковыми бутылками в поверхностном горизонте 0–0,25 м.

Всё необходимое оборудование для отбора проб и их непосредственный анализ проводился в химико-аналитической лаборатории при Российском государственном гидрометеорологическом университете.

Показателями для оценки качества воды являлись: нефтяные углеводороды, pH, УЭП, цветность, железо, азот аммонийный, азот нитритов, азот нитратов, фосфатный фосфор, хлориды, сульфаты, калий, натрий, магний, кальций.

Для каждого показателя выбрана действующая методика гидрохимического анализа. Обработка полученных результатов осуществлялась с помощью статистических методов, рассчитывались средние значения, пределы вариации и кратность превышения предельно допустимых концентраций (ПДК). Для лучшего представления информации построены графики по полученным данным.

ПДК веществ были взяты из документа «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [6].

Основные результаты

Рассмотрев визуальные особенности района исследования, можно заметить, что практически вся местность находится в низинном болотном участке. Берега реки Черной сильно разлиты, при этом левый берег полностью заболочен. Вдоль низкой поймы преобладает кустарниковая растительность (ивовые, ольховые). Грунт реки илисто-песчаный, зарастаний водной растительностью не наблюдалось. В реку Черную впадает множество искусственных лесных каналов. По всему берегу было найдено множество пластикового и бумажного мусора.

В районе дренажных каналов ситуация с затоплением местности ещё сильнее усугубляется, вследствие изменения течения от реки к прудам. Также в каналах наблюдались естественные нагромождения поваленных деревьев (см. рис. 2), преграждающие проходу воды из биоотстойников в реку.



Рисунок 2 - Дренажный канал, в 80 м от впадения в реку Чёрную, точка Ч4
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.2>

Сложнее обстоит дело с точкой Ч7, находящейся в дренажном канале, ниже фильтра первого биоотстойника. Течение в канале от реки проходило в трубу под автомагистралью, и с другой стороны дороги поступала в лесной канал, а позже снова в реку Черную, замыкая круговорот. К первому биоотстойнику вода практически не попадала из канала из-за его зарастания и плохой проходимости фильтра.

Сами пруды крайне отличаются друг от друга (см. рис. 3). Во втором биоотстойнике наблюдался высокий подъём уровня, в некоторых местах вода переливалась через береговое укрепление природного камня, затянутого металлической сеткой. Первый же биоотстойник расположен на возвышенности. Подъём воды там не наблюдался, также пруд был практически изолирован от остальной местности, и вода не проходила из него по дренажному каналу.

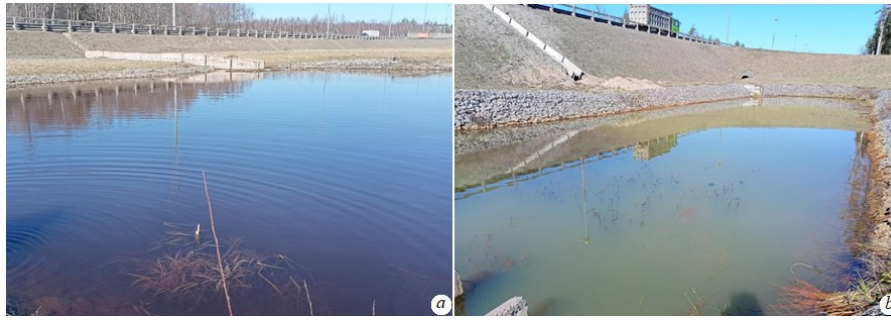


Рисунок 3 - Второй биоотстойник ГБП, точка Ч6 (a) и первый биоотстойник ГБП, точка Ч8 (b)
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.3>

Выполнив анализ всех гидрохимических показателей, установили, что на всех точках отбора проб вода является нейтральной. По цветности определили показатель воды как очень высокий. Причиной тому, вероятно, послужило высокое содержание гуминовых веществ и металлов. Также стоит учитывать, что цветность повышается во время половодья.

В весенний период концентрация нефтепродуктов не превышала ПДК (см. рис. 4), однако осенью на 4-х станциях значения превышали допустимые. Два биопруда оказались загрязнены из-за смыва с автомагистрали и возможных утечек от транспорта после летнего периода активной эксплуатации дорожного покрытия. Наибольшее значение обнаружено на 6-ой станции отбора проб, во втором биоотстойнике, со значением 0,260 мг/л. Концентрация нефтепродуктов, после прохождения фильтрующей кассеты уменьшилась до 0,180 мг/л, однако превышение ПДК было в 3,6 раз, что говорит о недостаточной эффективности фильтра в биоотстойнике. Далее в дренажный канал нефтепродукты не распространились, вероятно, произошло их распределение по болотистой местности. Такая же ситуация наблюдалась и в 1-ом биоотстойнике, но туда попала меньшая часть нефтепродуктов.

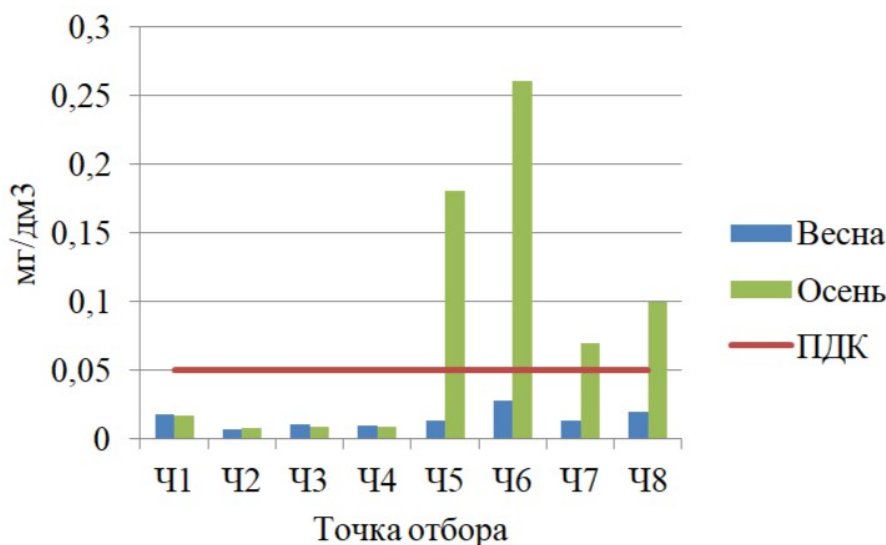


Рисунок 4 - Концентрация нефтепродуктов весной и осенью 2023 года
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.4>

Превышение ПДК не наблюдается на всех точках исследования по показателям концентрации аммонийного азота, нитратного азота и сульфатов, а значения фосфатов меньше предела обнаружения (<0,01 мг/л).

В осенний период наблюдали превышение ПДК нитритного азота на трех точках, включая два биоотстойника. Можно предположить, что значительному попаданию загрязняющего вещества способствовал смыв с ЗСД азотосодержащих компонентов атмосферными осадками.

Концентрация железа общего оказалась выше ПДК на всех точках отбора проб воды (см. рис. 5). Максимальное значение долей ПДК составило 16,4 в весенний период, осенью показатель принял число в 19,5 долей ПДК. В прудах получились наименьшие значения железа общего. Как известно, для болотных вод характерно повышенное содержание железа. Однако данные слишком велики, вероятно, вещество со стоками ЗСД не поступает, а просачивается в биоотстойники с водами дренажных каналов.

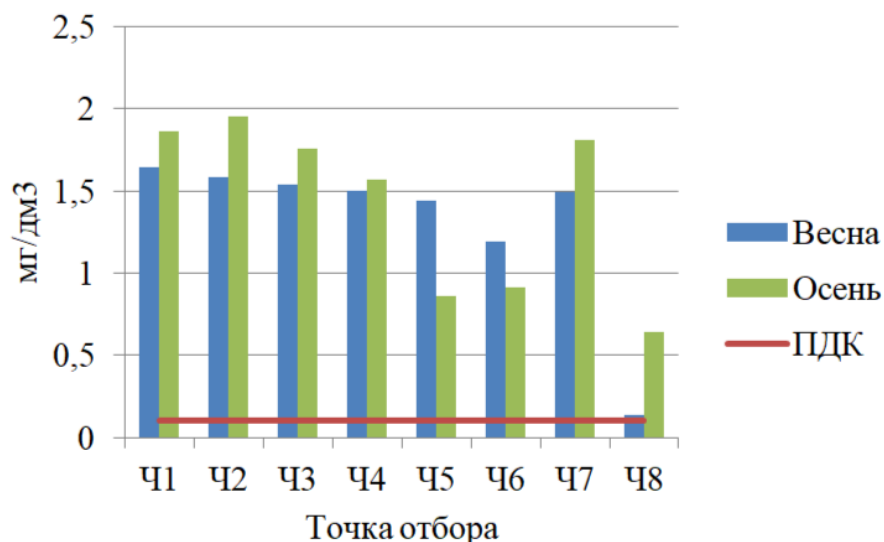


Рисунок 5 - Концентрация железа общего весной и осенью 2023 года
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.5>

Концентрация хлоридов превысила ПДК только весной в первом биоотстойнике. Причиной этому послужило вымывание антигололедных реагентов с автомагистрали. Концентрация в 1-ом пруду составила 370 мг/л, это превышает значение ПДК в 1,2 раза (см. рис. 6). Во 2-ом биоотстойнике значение хлоридов меньше, чем в первом, что можно связать с разбавлением вод и поступлением их из дренажного канала. Так как 1-й пруд наиболее изолирован, то имеет большее количество хлоридов, которые там же и накапливаются. Хлориды не имеют особенности осажаться, однако заметно, что осенью их количество существенно снизилось. Резкое разбавление воды в 6 раз в летний период маловероятно, особенно в условиях изолированности, поэтому, скорее всего, существует место ухода воды из пруда в грунтовые воды.

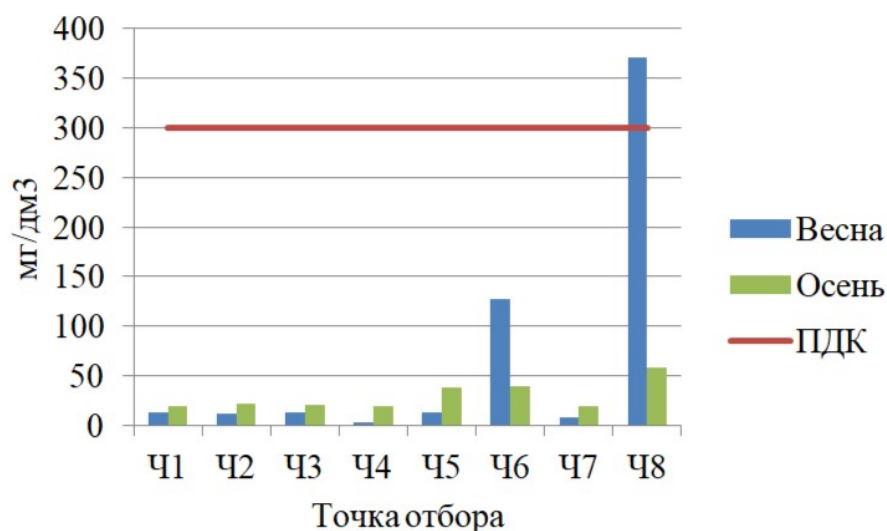


Рисунок 6 - Концентрация хлоридов весной и осенью 2023 года
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.6>

По исследованию катионов, ПДК не было превышено на всех точках отбора проб воды по кальцию, калию и магнию. Небольшие концентрации могут говорить нам о малой жесткости воды.

В первом пруду наблюдалось превышение ПДК концентрации натрия в 1,8 раз. Элемент имеет большую подвижность и связан с биологической активностью, в данном случае превышение происходит из-за стока с автомагистрали.

Осенью была обнаружена деятельность по установке плавающего бона для перехвата и сорбции нефтепродуктов во втором биоотстойнике. Концентрация нефтепродуктов, как в пруду, так и в дренажном канале была выше ПДК, соответственно установленного бона было недостаточно для очистки сточных вод.

Для проверки эффективности очистки сточных вод, сравнили полученные данные гидрохимических исследований в самих биоотстойниках и примыкающим к ним дренажным каналах (см. табл. 1).

Таблица 1 - Сравнение значений по исследуемым показателям в биоотстойниках и дренажных каналах

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.7>

Показатели	1-й биоотстойник		Дренажный канал 1-го биоотстойника		2-й биоотстойник		Дренажный канал 2-го биоотстойника	
	Апрель	Октябрь	Апрель	Октябрь	Апрель	Октябрь	Апрель	Октябрь
Нефтепродукты (мг/дм ³)	0,028	0,260	0,013	0,180	0,020	0,100	0,013	0,070
Железо общее (мг/дм ³)	1,19	0,91	1,44	0,86	0,14	0,64	1,49	1,81
Аммонийный азот (мг/дм ³)	0,15	<0,05	0,28	0,05	0,40	<0,05	0,20	0,20
Нитритный азот (мг/дм ³)	<0,010	0,034	<0,010	0,033	<0,010	0,027	<0,010	0,010
Нитратный азот (мг/дм ³)	0,40	0,10	0,19	0,09	0,38	0,04	0,22	0,15
Фосфор фосфатов (мг/дм ³)	0,010	0,014	0,015	0,015	<0,010	0,007	0,015	0,018
Хлориды (мг/дм ³)	128	40	13	39	370	59	7,9	20
Сульфаты (мг/дм ³)	14	8,7	6,7	6,9	16	8,4	6,8	24
Кальций (мг/дм ³)	15	12	11	8,0	28	11	11	12
Магний (мг/дм ³)	3,2	0,4	2,7	1,9	8,0	2,9	2,0	6,7

По данным гидрохимических показателей заметим, что значения изменяются незначительно, превышения ПДК после фильтрующих каскадов остаются. Некоторые значения выше в биоотстойниках, некоторые в дренажных каналах. Такие изменения говорят о несовершенстве очистки загрязненных вод попадающих с автомагистрали.

Таким образом, ГБП недостаточно эффективна, требуется модификация очистного сооружения. Ведь загрязняющие вещества, проходя через очистное сооружение беспрепятственно способны проходить по болотному массиву, проникать в грунтовые воды и распространяться по всей прилегающей территории, которая входит в состав особо охраняемых природных территорий. В этой ситуации требуются необходимые меры по сохранению заказников от возможного негативного воздействия. Стоит провести работы по доработке и усовершенствованию ГБП для защиты окружающей среды от загрязнения.

Обсуждение

Исследователи считают, что гидробиотические площадки наиболее доступны для очистки поверхностного стока с автомагистралей. Однако применение этого способа малоэффективно в России в связи с умеренным климатом. Сильные морозы способствуют полному промерзанию прудов, а сорбционные каскады из шунгита недостаточны для полной очистки вод. Как показывают исследования [1], в Санкт-Петербурге вдоль кольцевой автомобильной дороги гидробиотические площадки имеют неудовлетворительное состояние. Обслуживание и контроль качества вод таких сооружений практически не проводится.

Если рассмотреть результаты других авторов [3] то, в основном, биопруды засаженные высшей водной растительностью являются одновременно и хорошими очистителями, и накопителями загрязняющих веществ, которые могут поступать в подземные воды.

Относительно удачное строительство биологических прудов вдоль автодорог показали исследования 2002 – 2003 гг. во Франции [9]. В Средиземноморском районе, где условия для водных организмов благоприятны в отношении постоянства воды, очищение происходит гораздо эффективнее [10]. Несмотря на это, исследование района Асса в

Марокко, в котором преобладает высокая температура и достаточное количества света, показало достаточную эффективность биопрудов только в бактериологическом плане. Для полной очистки от загрязняющих веществ, требуется строительство дополнительных биопрудов.

Есть возможность сравнить полученные результаты с предыдущим исследованием, которое проводилось осенью 2016 года и весной 2017 года [2]. Отбор проб включал проверку одного биоотстойника, где по некоторым показателям можно сделать определенные выводы.

По визуальному описанию исследованной гидрботанической площадки, можно сказать, что на данных точках проведение земляных работ по улучшению прохода воды по дренажным каналам не наблюдается. Сам пруд продолжает переливаться и смешиваться с болотными водами (см. рис. 7).



Рисунок 7 - Фильтр 2-го биоотстойника в 2017 году (a) и 2023 году (b)
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.80.8>

Примечание: по ист. [2]

По результатам измерений предыдущего анализа, так же как и в 2023 году остается превышение ПДК содержания в воде хлоридов в весенний период. Концентрация железа продолжает оставаться высокой из-за низинной территории, где выявляется большое содержание гуматов. Концентрации нефтепродуктов также высоки, их превышение наблюдается и с автомагистрали, и со стоками поселков, находящихся выше по течению. Можно сказать, что данные гидрохимического анализа и общий вид гидрботанических площадок практически не изменился.

Заметим некоторую особенность в том, что многие ГБП имели относительный успех в очищении сточных вод. По настоящему исследованию гидрохимического анализа и визуального наблюдения, можем утверждать, что два биоотстойника вдоль ЗСД сильно отличаются друг от друга, что в первую очередь стоит связать с местоположением прудов. Один из них находится на возвышенности, другой в низинной пойме. Из-за такого расположения, первый практически изолирован, а второй свободно сообщается с болотными водами.

Заключение

В результате выполненных в данной работе исследований было установлено превышение ПДК в ГБП по нефтепродуктам, хлоридам, нитритному азоту, натрию и железу общему. Данные гидрохимического анализа показали высокие значения показателей особенно в биоотстойниках, соответственно они являются накопителями загрязняющих веществ.

По визуальным наблюдениям 2023 года обнаружили, что весь дренажный канал от биоотстойников до реки полон преград в виде сваленных деревьев, препятствующих движению вод. Исследования 2016-2017 гг. показали, что ситуация с ГБП практически не изменилась, а значит контроль за объектом проводится крайне редко, и не уделяется должного внимания за состоянием работы данного сооружения.

Использование гидрботанических площадок в других районах показали неоднозначный результат, в теплом климате ГБП наиболее эффективны, однако недостаточно точный расчет конструкции сооружения может оказать негативные последствия.

Сравнив значения по исследуемым показателям в биоотстойниках и дренажных каналах можно заметить, что превышение ПДК загрязняющих веществ после фильтрующих кассет остаются. Следовательно, очистка сточных вод с автомагистрали недостаточно эффективна, поэтому требуется модернизация устройства ГБП. Верный расчет строительства поможет наиболее эффективно очищать сточные воды, и, как следствие, не допускать загрязнения природной среды.

Благодарности

Автор выражает благодарность сотрудникам Российского государственного гидрометеорологического университета Т.Н. Миртофановой и Е.Н. Романовой за помощь в работе и подготовке необходимых материалов для исследования.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Acknowledgement

The author expresses their gratitude to the staff of the Russian State Hydrometeorological University T.N. Mirtofanova and E.N. Romanova for their assistance in the work and preparation of the necessary materials for the study.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Винокуров К.И. Совершенствование технологии очистки поверхностного стока с мостовых переходов на автомагистралях / К.И. Винокуров, Ю.Г. Лазарев, А.В. Чечевичкин [и др.] // Путевой навигатор. — 2021. — № 49. — С. 56-62.
2. Востриков Р.Д. Оценка влияния Западного скоростного диаметра на качество воды в реке Чёрной / Р.Д. Востриков. — Санкт-Петербург: РГГМУ, 2017. — 106 с.
3. Лукьянчиков Д.И. Эффективность очистки сточных вод в биологических прудах / Д.И. Лукьянчиков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2011. — № 6. — С. 53.
4. ОДМ 218.8.005-2014 Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по содержанию очистных сооружений на автомобильных дорогах // Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). — Москва, 2017. — С. 83
5. О создании государственного природного заказника регионального значения «Левашовский»: Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 11.01.2023 №3. — Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга, 2023.
6. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. — 2016.
7. Сестрорецкое болото. Заповедная Россия // ГКУ «Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга». — 2011. — URL: https://oopt.spb.ru/protected_area/sestretzkoje-boloto/ (дата обращения: 27.04.2024)
8. Сидорова Л.П. Очистка сточных и промышленных вод / Л.П. Сидорова, А.Н. Снигирева // Министерство образования и науки Российской Федерации. — Екатеринбург: УрФУ им. Б. Н. Ельцина, 2017. — 127 с.
9. Achag B. Hydro-biological characterization and efficiency of natural waste stabilization ponds in a desert climate (city of Assa, Southern Morocco) / B. Achag, M. Hind, A. Bendou // Journal of Water Supply: Research and Technology — AQUA. — 2021. — Vol. 70. — №3. — P. 361-374.
10. Scher O. Highway Stormwater Detention Ponds as Biodiversity Islands? / O. Scher, P. Chavaren, M. Despréaux [et al.] // Science archives and minutes of the Society's meetings. — 2004. — Vol. 57. — №2. — P. 121-130.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vinokurov K.I. Sovershenstvovanie tekhnologii ochistki poverhnostnogo stoka s mostovykh perekhodov na avtomagistralyakh [Improving the technology of surface runoff treatment from bridge crossings on motorways] / K.I. Vinokurov, YU.G. Lazarev, A.V. SHechevichkin [et al.] // Putevoj navigator [Travel Navigator]. — 2021. — № 49. — P. 56-62 [in Russian].
2. Vostrikov R.D. Ocenka vliyaniya Zapadnogo skorostnogo diametra na kachestvo vody v reke CHyornoj [Assessment of the influence of the Western high-speed diameter on the water quality in the Chernaya River] / R.D. Vostrikov. — St. Petersburg: RSGMU, 2017. — 106 p. [in Russian]
3. Luk'yanchikov D.I. Effektivnost' ochistki stochnyh vod v biologicheskikh prudah [Efficiency of wastewater treatment in biological ponds] / D.I. Luk'yanchikov // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. — 2011. — № 6. — P. 53 [in Russian].
4. ODM 218.8.005-2014 Otrasleyvoj dorozhnyj metodicheskij dokument. Metodicheskie rekomendacii po sodержaniyu ochistnyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah [An industry-specific road guidance document. Methodological recommendations on the maintenance of sewage treatment plants on highways] // Federal'noe dorozhnoe agentstvo (Rosavtodor) [Federal Road Agency (Rosavtodor)]. — Moscow, 2017. — P. 83 [in Russian]
5. O sozdanii gosudarstvennogo prirodnogo zakaznika regional'nogo znacheniya «Levashovskij» [On the creation of the State natural order of regional significance "Levashovsky"]: Resolution of the Government of St. Petersburg dated 11.01.2023 No.3". — Directorate of Specially Protected Natural Territories of St. Petersburg, 2023 [in Russian].
6. Ob utverzhenii normativov kachestva vody vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshchestv v vodah vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya [On approval of water quality standards for objects of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of aquatic objects of fishery importance]: Order of the Ministry

of Agriculture of the Russian Federation dated December 13, 2016 No. 552 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov [Electronic fund of legal and regulatory documents]. — 2016 [in Russian].

7. Sestroreckoe boloto. Zapovednaya Rossiya [The Sestroretsk swamp. Protected Russia] // GKU «Direkciya osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij Sankt-Peterburga» [State Institution "Directorate of Specially Protected Natural Territories of St. Petersburg"]. — 2011. — URL: https://oopt.spb.ru/protected_area/sestroretzkoye-boloto/ (accessed: 27.04.2024) [in Russian]

8. Sidorova L.P. Ochistka stochnyh i promyshlennyh vod [Wastewater and industrial water treatment] / L.P. Sidorova, A.N. Snigireva // Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii [Ministry of Education and Science of the Russian Federation]. — Yekaterinburg: UrFU named after B. N. Elcin, 2017. — 127 p. [in Russian]

9. Achag B. Hydro-biological characterization and efficiency of natural waste stabilization ponds in a desert climate (city of Assa, Southern Morocco) / B. Achag, M. Hind, A. Bendou // Journal of Water Supply: Research and Technology — AQUA. — 2021. — Vol. 70. — №3. — P. 361-374.

10. Scher O. Highway Stormwater Detention Ponds as Biodiversity Islands? / O. Scher, P. Chavaren, M. Despréaux [et al.] // Science archives and minutes of the Society's meetings. — 2004. — Vol. 57. — №2. — P. 121-130.