



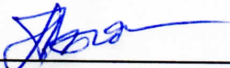
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

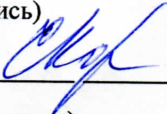
Кафедра водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(Дипломная работа)

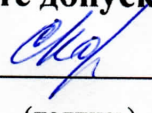
На тему «Анализ негативного воздействия ФГУП СКТБ «Технолог» на  
реку Славянка»

Направление подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование»,  
профиль «Экологические проблемы больших городов,  
промышленных зон и полярных областей»

Исполнитель  Павелко Александра Романовна  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель  Королькова С.В.  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой  Королькова С.В.  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

« 27 » 05 2022 г.

Санкт-Петербург  
2022

## Содержание

Введение.....	2
Глава 1. Теоретическое описание реки Славянка.....	4
1.1 Общее физико-географическое описание реки Славянка.....	4
1.2 Краткое описание промышленного воздействия на реку Славянка в пределах г. Санкт-Петербург .....	6
1.3 Характеристика экологического состояния реки Славянка .....	8
Глава 2. Анализ негативного воздействия на реку Славянка на примере ФГПУ СКТБ «Технолог».....	10
2.1 Общие сведения о ФГУП СКТБ «Технолог» и его технологических процессах.....	10
2.2 Описание воздействия СКТБ «Технолог» на реку Славянка .....	13
2.2.1 Расчет коэффициента смешения и кратности разбавления сточных вод .....	32
2.2.2. Описание системы очистки сточных вод .....	34
2.2.3 Расчет эффективности очистки сточных вод.....	40
2.3 Анализ полученных результатов и рекомендации .....	43
Заключение и выводы.....	48
Список использованной литературы .....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	53

## Введение

В современном мире динамичного развития все сильнее ощущается воздействие хозяйственной деятельности человека на состояние окружающей нас среды в целом, так и непосредственно на конкретные ее элементы в виде водных объектов, атмосферного воздуха и почв промышленных районов. Обращая внимание на сформировавшиеся промышленные центры такого крупного города, как Санкт-Петербург можно представить воздействие промышленных предприятий на протекающие реки и ручьи. Большинство промышленных предприятий в ходе производства и обеспечения хозяйственно-бытовых нужд работников используют воду, после чего отправляют очистку и последующий сброс сточных вод в городские водотоки. Поэтому реки, протекающие по территориям промышленных районов, зачастую становятся приемником условно-чистых и загрязненных сточных вод промышленного и хозяйственно-бытового происхождения. Таким приемником сточных вод для рассмотрения в данной работе была выбрана река Славянка, являющаяся левым притоком реки Невы, все загрязняющие вещества которых речным током переносятся в Невскую губу.

Для конкретного примера загрязнителя было выбрано Федеральное государственное унитарное предприятие «СКТБ «Технолог», относящийся к I категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. В рамках обеспечения экологической безопасности необходимо осуществлять очистку образующихся на предприятии в ходе хозяйственной и иной деятельности сточных вод до соответствующего качества, предусмотренного нормативами по качеству сточных вод.

Целью данной работы является анализ негативного воздействия ФГУП СКТБ «Технолог» на реку Славянка.

Для достижения поставленной цели выпускной работы необходимо решить следующие задачи:

1. Охарактеризовать физико-географическое положение реки Славянка;
2. Рассмотреть промышленное воздействие на реки в черте города Санкт-Петербург;
3. Рассмотреть на примере ФГУП СКТБ «Технолог» процесс формирования сточных вод, очистки и контроля за качеством сточных вод;
4. Оценить фоновые концентрации загрязняющих веществ в реке Славянка.

Объектом данной работы выступает экологическое состояние реки Славянка в пределах г. Санкт-Петербург.

Предметом работы является влияние сточных вод СКТБ «Технолог» на состояние реки Славянка.

Новизна работы заключается в обработке анализов сточной и природной воды, собранных в рамках производственного контроля на предприятии, и проведении сравнительного анализа фоновых концентраций за четыре квартала 2020 года.

Практическая ценность работы состоит в возможности использовать ее материалы в образовательном процессе на экологическом факультете для преподавания учебных дисциплин по природопользованию и охране окружающей среды.

Структура работы. Выпускная квалификационная работа на 54 стр. включает в себя введение, заключение с выводами, 2 главы и 9 подглав, одно приложение и список литературы из 16 источников.

## Глава 1. Теоретическое описание реки Славянка

### 1.1 Общее физико-географическое описание реки Славянка

*Географические сведения.* Длина реки Славянка составляет 39 км, а площадь водосборного бассейна 249 км<sup>2</sup> [1].

Славянка протекает по Прибалтийской низменности и берет начало из ряда мелких канав в заболоченной низине в 9 км на юго-запад от города Павловск. В верховьях выше г. Павловска долина реки узкая и извилистая, с шириной русла 3-4 метра, течение в этих местах быстрое. Далее долина расширяется и русло достигает 12-15 метров, течение, в свою очередь, здесь замедляется. В г. Павловске река Славянка обводняет пруды дворцово-паркового комплекса [1]. В черте города Санкт-Петербург течение реки замедляется и плавно меандрирует.

Река Славянка является левосторонним притоком р. Невы (рисунок 1.1.1) и впадает в неё в районе Рыбацкого моста Санкт-Петербурга в 27 км от устья Невы. Славянка является одним из маленьких притоком р. Невы на территории Ленинградской области по водосборной площади в сравнении с такими левосторонними притоками, как Ижора, Тосна и Мга.



Рисунок 1.1.1 – Схема притоков реки Нева [2]

*Гидрологические характеристики.* Согласно государственному водному реестру, река Славянка относится к Балтийскому бассейновому округу, бассейну реки Нева (включая бассейны рек Онежского и Ладожского озера), подбассейну реки Нева и рек Ладожского озера, водохозяйственному участку реки Нева от в/п Новосаратовска до устья. В связи со своей принадлежностью к бассейну реки Нева и протеканию по территории Ленинградской области, как и все реки данного региона, относятся к восточноевропейскому типу водного режима, для них характерно весеннее

половодье с резким повышением уровня воды, летне-осенняя межень, прерываемая дождевыми паводками, преимущественно осенью, и низкая зимняя межень. Для рек Ленинградской области характерно смешанное питание с преобладанием снегового и дождевого [3]. Среднемесячный расход воды в устьевой зоне составляет  $1,8 \text{ м}^3/\text{с}$ .

## 1.2 Краткое описание промышленного воздействия на реку Славянка в пределах г. Санкт-Петербург

В черте города Санкт-Петербург река Славянка протекает по территории нескольких промышленных зон, таких, как промзона «Рыбацкое» и промзона «Ижорские заводы», и впадает в р. Неву вблизи Рыбацкого моста.

*Описание промышленных зон.* Производственная зона «Рыбацкое» расположена на правом берегу Невы в Невском районе. Территория ограничена двумя железнодорожными ветками, речкой Славянкой и дорогой на Петрославянку. Большая часть территории зоны занята под обслуживание подвижного состава метрополитена Октябрьской железной дороги и трамвайного парка имени Володарского. В зоне также находятся коллективные автостоянки [4].

Также Славянка протекает по территории Колпинского района и промышленной зоне под названием «Ижорские заводы». Производственная зона «Ижорские заводы» расположена между участком железной дороги «река Славянка - ЛЭП – река Поповка Ижорка» (Московское направление железной дороги) и рекой Славянка в Колпинском районе Санкт-Петербурга. Несмотря на отдаленность от центра Петербурга (удаленность центра зоны до центра города 31 км), район активно развивается [4].

По данным реестра водопользователей сбросы сточных вод в реку Славянка на территории Санкт-Петербурга осуществляют следующие предприятия:

– ГУП "Водоканал СПб". Ливневые стоки р. Славянка (адрес предприятия: СПб, ул. Смоленская, 27, створ сброса сточных вод находится в 0 км от устья реки);

– ЗАО ДФЗ N5 (адрес предприятия: СПб, ул. Караваяева, 59, створ сброса сточных вод находится в 2,3 км от устья реки);

– ФГУП Завод монтажных заготовок 2 УС-4 (адрес предприятия: СПб, Советский проспект, 49, створ сброса сточных вод находится в 2 км от устья реки);

– Колпинский "Водоканал" п. Металлострой (адрес предприятие: СПб, Колпино, Саперный пер, 12, створ сброса сточных вод находится в 4 км от устья реки);

– ФГУП СКТБ "Технолог" (адрес предприятия: СПб, Советский просп. (усть-Славянка), 33А, створ сброса сточных вод находится в 2 км от устья реки);

- УС 20/5 п. Металлострой (адрес: п. Металлострой, проезд 1 д.1, створ сброса сточных вод находится в 10 км от устья реки);

– ООО "ВТОРМЕТ» Санкт-Петербург (СПб, Дорога на Петрославянку, 5, створ сброса сточных вод находится в 3 км от устья реки);

– ООО "Невский терминал" (Бывший ОАО "Металооптторг") (адрес предприятия: СПб, Дорога на Петрославянку, 3, створ сброса сточных вод находится в 9 км от устья реки);

– ЗАО ПО "Баррикада" Завод ЖБИ N1 (СПб, ул. Тепловозная, 32, створ сброса сточных вод находится в 1 км от устья реки);



– ЗАО "Завод Металлоконструкций" (адрес предприятия: СПб, ул. Караваевская, 57, створ сброса сточных вод находится в 2 км от устья реки).

Из десяти представленных предприятий, осуществляющих сброс сточных вод в пределах городской черты, семь предприятий производят сброс на отрезке 1 - 4 км от устья реки, где и наблюдается наибольшее воздействие на водный объект.

### 1.3 Характеристика экологического состояния реки Славянка

Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды проводят мониторинг загрязнения водных объектов города Санкт-Петербург, данные которого публикуются в ежегодных докладах об Экологической ситуации в Санкт-Петербурге.

С 2006 года Северо-Западный УГМС перешло на систему оценки качества поверхностных вод – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ). В расчете УКИЗВ участвуют: повторяемость случаев загрязненности (частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК), среднее значение кратности превышения ПДК (среднее значение результатов анализа проб, которые превышали ПДК, без учета проб не превышающих ПДК). По каждому из этих показателей определяются частные оценочные баллы ( $S_{\alpha}$  и  $S_{\beta}$ ) – условные величины. Произведение оценочных баллов является обобщенным оценочным баллом ( $S$ ). Сумма обобщенных оценочных баллов по всем ингредиентам в створе является комбинаторным индексом загрязненности воды (КИЗВ). УКИЗВ вычисляют как отношение КИЗВ к количеству ингредиентов, участвовавших в его оценке [5].

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Река Нева																
Большая Невка																
Рукав Малая Невка																
Река Карповка																
Река Черная речка																
Река Мойка																
Река Фонтанка																
Река Малая Нева																
Река Ждановка																
Река Ижора																
Река Славянка																
Обводный канал																
Река Охта																

	1: чистая
	2: слабо загрязненная
	3а: загрязненная
	3б: очень загрязненная
	4а-4б: грязная
	4в, 4г, 5: очень грязная, экстремально грязная

Рисунок 1.3.1 – Результаты оценки качества поверхностных вод по УКИЗВ в Санкт-Петербурге в период с 2005 по 2020 год [5]

За представленные 15 лет оценки качества вод реки Славянка только 5 раз оценивалось как грязные воды, более преобладал 3 класс качества, который соответствует загрязненной и очень загрязненной воде.

## Глава 2. Анализ негативного воздействия на реку Славянка на примере ФГПУ СКТБ «Технолог»

### 2.1 Общие сведения о ФГУП СКТБ «Технолог» и его технологических процессах

Федеральное Государственное унитарное предприятие специальное конструкторско-технологическое бюро «Технолог» основано на базе Ленинградского технологического института имени Ленсовета в 1963 [5].

Расположено по адресу: 192076, г. Санкт-Петербург, пос. Усть-Славянка, Советский проспект, д. 33-а.



Рисунок 2.1.1 – Территория СКТБ «Технолог» (Яндекс-карта)

Согласно государственному реестру объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, рассматриваемое предприятие относится к I категории объектов НВОС [6].

ФГУП «СКТБ «Технолог» является научно-производственной организацией по разработке и освоению малотоннажных наукоемких химических технологий продуктов тонкого органического синтеза, в том числе активных фармацевтических субстанций. В настоящее время выпуск активных фармацевтических субстанций является одним из основных направлений деятельности предприятия [7].

Предприятие имеет лицензию на осуществление деятельности по производству лекарственных средств от 22 февраля 2017 г. № 00269-ЛС (срок действия не ограничен), выданную Министерством промышленности и торговли Российской Федерации.

В 2017 году предприятие получило Заключение Министерства промышленности и торговли РФ о соответствии Правилам надлежащей производственной практики GMP (Good Manufacturing Practice) от 25.08.2017 г. № GMP-0115-000177/17 [6].

На предприятии осуществляется и иная деятельность. ФГУП «СКТБ «Технолог» выпускает также следующие виды продукции: изделия специальной химии; системы аэрозольного пожаротушения; полимерные композиционные материалы; промышленные взрывчатые материалы; средства художественной пиротехники, наноалмазы [7].

На перечисленные виды деятельности имеются лицензии, полученные в установленном порядке в соответствующих лицензирующих органах. На предприятии также функционирует Экологическая лаборатория, которая производит исследования сточных вод, питьевой воды, почв, атмосферного

воздуха, селитебных территорий, отходов и т.д. Лаборатория оснащена самым современным оборудованием и имеет аттестат аккредитации [7].

Все производственные процессы определяются, систематически пересматриваются с учетом накопленного опыта и обеспечивают способность постоянно производить лекарственные средства требуемого качества в соответствии со спецификациями [7].

В процессе производства ведутся записи (рукописным способом и/или с применением технических средств), документально подтверждающие фактическое проведение этапов, требуемых установленными методиками и инструкциями, а также подтверждающих, что количество и качество продукции соответствуют установленным нормам. Любые существенные отклонения оформляются документально и расследуются с целью определения причины отклонения и осуществления соответствующих корректирующих действий [7].

Изготовление продукции осуществляется на специализированных участках, по видам продукции. Производство продукции включает в себя следующие виды деятельности:

- верификация сырья и материалов;
- производство продукции (в данный этап входит введение исходного сырья в производство и последующее производство промежуточных продуктов. Из промежуточных продуктов производства осуществляется синтез лекарственных субстанций (ЛС), выделение и очистка лекарственных средств, и последующая их обработка, фасовка, упаковка и маркировка)
- идентификация и прослеживаемость;
- сохранение соответствия продукции.

Сырье и материалы, закупаемые ФГУП «СКТБ «Технолог» для производства активных фармацевтических субстанций, подлежат верификации согласно утвержденной процедуре предприятия. Номенклатура сырья, контролируемые параметры, виды контроля определяются исходя из степени влияния данного сырья на качество выпускаемой продукции [7].

Упаковочные и маркировочные материалы проходят визуальный входной контроль и подготовку согласно письменным инструкциям.

При приемке серии готовой продукции осуществляется контроль правильности отбора проб на испытания для установления соответствия продукции требованиям нормативной документации. Проба помещается в тару, обеспечивающую ее сохранность, и маркируется соответствующим образом [7].

Дополнительно отбираются архивные образцы и образцы для изучения стабильности в процессе хранения. Указанные пробы упаковываются и маркируются в соответствии с нормативным документом на данный вид продукции (фармакопейная статья предприятия).

Продукция, предъявленная на приемочный контроль, до получения результатов анализа изолируется. Продукция, выдержавшая приемочные испытания хранится на складе готовой продукции в условиях, обеспечивающих ее сохранность [7].

## 2.2 Описание воздействия СКТБ «Технолог» на реку Славянка

ФГУП СКТБ «Технолог» имеет на своем балансе три выпуска сточных вод, два из которых осуществляют сброс непосредственно в воды реки (выпуск 1 является выпуском хозяйственно-бытовых сточных вод, выпуск 2



является выпуском условно-чистых производственных стоков) и выпуск 3 является выпуском ливневой канализации, сброс которой осуществляется в приток реки Славянка (ручей без названия) в 200 метрах от устья (рисунок 2.2.1). Все сточные воды проходят обязательную предварительную очистку



Рисунок 2.2.1 – Выпуск №3, выпуск ливневой канализации в безымянный ручей, 200 метров от устья (фото из архива автора)

перед сбросом в водный объект.

Так как предприятие относится к I категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с пунктом 2 статьи 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», оно обязано осуществлять производственный экологический контроль в соответствии с установленными требованиями,

документировать информацию и хранить данные, полученные в результате проведения производственного экологического контроля [8].

Согласно ГОСТ Р 56062-2014 «Производственный экологический контроль. Общие положения», в котором реализованы нормы Федерального закона №7, при осуществлении производственного экологического контроля за охраной водных объектов регулярному контролю подлежат такие параметры и характеристики как [9]:

- Технологические процессы и оборудование, связанные с образованием сточных вод;
- выпуски сточных вод, в том числе очищенных;
- сооружения для очистки сточных вод и очистки систем канализации;
- гидротехнические сооружения;
- поверхностные водные объекты, пользование которыми осуществляется на основании разрешительной документации, а также территорий водоохранных зон и прибрежных защитных полос [9].

В рамках производственного экологического контроля ежеквартально экологическая лаборатория на базе предприятия производит отбор проб выше и ниже места сброса сточных вод (в фоновом и контрольном створах) в установленном порядке (рисунки 2.2.2, 2.2.3 и 2.2.4).





Рисунок 2.2.2 – Место отбора пробы природной воды 50 метров выше выпуска сточных вод (фото из архива автора)



Рисунок 2.2.3 – Место отбора пробы природной воды 20 метров ниже выпуска сточных вод (фото из архива автора)



Рисунок 2.2.4 – Расположение мест отбора проб природной воды выше и ниже по течению реки Славянка (рисунок автора)

В таблицах 2.2.2, 2.2.4, 2.3.6, 2.2.8 представлены результаты количественного анализа химического состава природных вод (реки Славянка) выше и ниже места сброса сточных вод за первый, второй, третий и четвертый квартал 2020 года соответственно.

Таблица 2.2.1 – Название пробы природной воды за I квартал 2020 года

Номер пробы	Название пробы	Объем пробы, дм <sup>3</sup>
15	р. Славянка (50 м выше выпуска 2)	5,55
16	р. Славянка (20 м ниже выпуска 1)	5,55



Таблица 2.2.2 – Результаты анализа природной воды за I квартал 2020 года

№ п/п	Определяемый показатель	Ед. изм.	Результаты испытания		Результаты испытания	
			Проба №15	Погрешность ( при P=0,95)	Проба №16	Погрешность ( при P=0,95)
1	2	3	4	5	6	7
1	Температура	С	7	0,01	7	0,01
2	Водородный показатель	ед. pH	7,51		7,57	0,05
3	Аммония ион	мг/дм <sup>3</sup>	2,2	0,7	2,1	0,6
4	Азот аммония	мг/дм <sup>3</sup>	1,7	-	1,7	-
5	Нитрит-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,16	0,02	0,15	0,02
6	Азот нитритов	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	-	0,05	-
7	Нитрат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	11,2	1,7	11,3	1,7
8	Азот нитратов	мг/дм <sup>3</sup>	2,6	-	2,6	-
9	Железо общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,7	0,1	0,7	0,1
10	Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	37	7	37	7
11	Фосфор фосфатов	мг/дм <sup>3</sup>	0,22	0,07	0,21	0,06
12	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,69	0,22	0,67	0,22
13	Фосфор общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,23	0,07	0,22	0,07
14	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	34	4	32	4
15	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	487	44	405	36
16	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	8,8	1,6	8,1	1,5
17	ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	41	12	37	11
18	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	6	0,8	5,9	0,8
19	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,3	1,6	10,1	1,6
20	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,32	0,1	0,32	0,1
21	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,061	0,021	0,064	0,022
22	Марганец общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,072	0,012	0,064	0,01
23	Хром общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,0029	0,0008	менее 0,0025	-
24	Свинец общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,0023	0,0008	менее 0,0020	
25	Хром (VI )	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,001	-	менее 0,001	-
26	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	50,9	2,9	49,8	2,8
27	Магний расчетный	мг/дм <sup>3</sup>	29,2	2,9	29	2,9
28	Натрий	мг/дм <sup>3</sup>	18,1	2,8	11,8	1,9

Таблица 2.2.3. – Название пробы природной воды за II квартал 2020 года

Номер пробы	Название пробы	Объем пробы
101	р. Славянка 50 м выше выпуска №2	5,55 дм <sup>3</sup>
102	р. Славянка 20 м ниже выпуска №1	5,55 дм <sup>3</sup>

Таблица 2.2.4 – Результаты анализа природной воды за II квартал 2020 года

№ п/п	Определяемый показатель	Ед. изм.	Результаты испытания		Результаты испытания	
			Проба №101	Погрешность ( при Р=0,95)	Проба №102	Погрешность ( при Р=0,95)
1	Температура воды	С	7,3	0,1	7,8	0,1
2	рН	ед. рН	7,89	0,05	7,77	0,05
3	Аммония ион	мг/дм <sup>3</sup>	9,1	2,2	8,3	2
4	Нитрит-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,37	0,05	0,31	0,09
5	Нитрат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	5,1	0,8	4,4	1
6	Железо общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,8	0,1	0,8	0,1
7	Сульфат ион	мг/дм <sup>3</sup>	41	8	36	7
8	Фосфор фосфатов	мг/дм <sup>3</sup>	0,7	0,2	0,6	0,1
9	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	2,1	0,3	1,8	0,6
10	Фосфор общий	мг/дм <sup>3</sup>	0,7	0,2	0,7	0,2
11	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	52	7	46	5
12	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	477	43	359	32
13	Взвешанные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	13,3	1,6	8,9	1,5
14	ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	60	12	43	13
15	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	13,2	1,8	10,8	1,5
16	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,8	1,3	7,4	1,2
17	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,32	0,1	0,33	0,1
18	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,086	0,03	0,069	0,024
19	Марганец общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,159	0,025	0,145	0,023
20	Хром общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,011	0,001	менее 0,0025	-
21	Свинец общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,003	0,001	менее 0,0020	-
22	Хром (VI)	мг/дм <sup>3</sup>	0,0071	0,0008	менее 0,001	-
23	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	66	3,7	69,2	3,8
24	Магний	мг/дм <sup>3</sup>	15,3	1,4	18,7	1,7

Таблица 2.2.5 – Название проб природной воды за III квартал 2020 года

Номер пробы	Название пробы	Объем пробы
156	р. Славянка 50 м выше выпуска 2	5,50 дм <sup>3</sup>
157	р. Славянка 20 м ниже выпуска 1	5,50 дм <sup>3</sup>

Таблица 2.2.6 – Результаты анализа природной воды за III квартал 2020 года

№ п/п	Определяемый показатель	Ед. изм.	Результаты испытания		Результаты испытания	
			Проба №156	Погрешность ( при Р=0,95)	Проба №157	Погрешность ( при Р=0,95)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	Температура	С	18,8	0,1	19,2	0,1
2	рН	ед. рН	7,59	0,05	7,49	0,05
3	Аммония ион	мг/дм <sup>3</sup>	белее 4	-	белее 4,0	-
4	Нитрит-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,8	0,1	0,8	0,1
5	Нитрат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	3,7	0,5	3,6	0,5
6	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,9	0,1	0,8	0,1
7	Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	51	8	51	8
8	Фосфор фосфатов	мг/дм <sup>3</sup>	1,8	0,4	1,2	0,3
9	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	3,6	0,5	3,5	0,5
10	Фосфор общий	мг/дм <sup>3</sup>	1,2	0,3	1,8	0,4
11	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	67	6	68	6
12	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	156	14	357	32
13	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	17,5	2,1	18	3,2
14	ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	28	8	48	15
15	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,8	1,3	9,5	1,3
16	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4	0,6	3,4	0,5
17	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,26	0,08	0,15	0,05
18	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,08	0,03	0,06	0,02
19	Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	0,13	0,02	0,13	0,02
20	Хром	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0025	-	менее 0,0025	0,0007
<i>Продолжение таблицы 2.2.6</i>						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
21	Свинец	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,0020	-	менее 0,0020	-

22	Хром (VI)	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,001	-	менее 0,001	-
23	Ион кальция	мг/дм <sup>3</sup>	46,4	2,6	50,1	2,8
24	Магний	мг/дм <sup>3</sup>	19	1,9	19,1	1,9
25	Натрий	мг/дм <sup>3</sup>	67,2	9,1	67,2	9,1

Таблица 2.2.7 – Название проб природной воды за IV квартал 2020 года

Номер пробы	Название пробы	Объем пробы
280	р. Славянка (50 м выше выпуска 2)	5,55 дм <sup>3</sup>
281	р. Славянка (20 м ниже выпуска 1)	5,55 дм <sup>3</sup>

Таблица 2.2.8 – Результаты анализа природной воды за IV квартал 2020 года

№ п/п	Определяемый показатель	Ед. изм.	Результаты испытания		Результаты испытания	
			Проба №280	Погрешность ( при Р=0,95)	Проба №281	Погрешность ( при Р=0,95)
1	Температура воды	С	5,3	0,1	5,7	0,1
2	рН	ед. рН	7,62	0,05	7,49	0,05
3	Ион аммония	мг/дм	3,3	0,8	2,6	0,6
4	Нитрит ион	мг/дм	0,36	0,05	0,29	0,04
5	Нитрат ион	мг/дм	14,5	3,2	12,9	2,8
6	Железо общее	мг/дм	0,7	0,1	1	0,1
7	Сульфат ион	мг/дм	28	6	42	8
8	Фосфор фосфатов	мг/дм	0,6	0,1	0,4	0,1
9	Фосфат ион	мг/дм	1,7	0,2	1,1	0,2
10	Фосфор общий	мг/дм	0,7	0,2	0,5	0,1
11	Хлориды	мг/дм	65	6	53	5
12	Сухой остаток	мг/дм	426	38	351	32
13	Взвешенные вещества	мг/дм	18	2,2	16,4	2,9
14	ХПК	мгО2/дм	16,1	3,3	29,1	5,6
15	БПК5	мгО2/дм	14,8	2,1	13	1,8
<i>Продолжение таблицы 2.2.8</i>						
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
16	Растворенный кислород	мг/дм	9,4	1,5	8,8	1,4
17	Марганец	мг/дм	0,23	0,04	0,24	0,04

18	Хром	мг/дм	0,015	0,003	0,022	0,004
19	Свинец	мг/дм	0,012	0,002	0,021	0,004
20	Хром VI	мг/дм	0,0099	0,0011	0,0153	0,0015
21	Ион кальция	мг/дм	47,9	2,7	45,5	2,6
22	Магний	мг/дм	22,2	2,3	16,4	1,7
23	Натрий	мг/дм	48,9	6,8	47,9	6,6

Полученные от аккредитованной экологической лаборатории результаты количественного анализа отобранных в фоновом створе проб вод были мной сравнены с предельно допустимыми концентрациями загрязняющих веществ в водоемах рыбохозяйственного назначения. Результаты сравнения представлены в таблице 2.2.9.

Таблица 2.2.9 – Отношение концентраций загрязняющих веществ в фоновом створе к ПДК

№ п/п	Опр. Пок-ль	Ед. изм.	Первый квартал		Второй квартал		Третий квартал		Четвертый квартал	
			№15	C <sub>i</sub> /ПДК <sub>i</sub>	№101	C/ <sub>i</sub> ПДК <sub>i</sub>	№156	C/ <sub>i</sub> ПДК <sub>i</sub>	№280	C/ <sub>i</sub> ПДК <sub>i</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Температура	С	7	-						
2	Водородный показатель	ед. рН	7,51	-						
3	Аммония ион	мг/дм <sup>3</sup>	2,2	4,4	9,1	18,2	более 4	8	3,3	6,6
4	Азот аммония	мг/дм <sup>3</sup>	1,7	4,2	-	-	-	-	-	-
5	Нитрит-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,16	2	0,37	4,6	0,8	10	0,36	4,5
6	Азот нитритов	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	2,5	-	-	-	-	-	-
7	Нитрат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	11,2	0,3	5,1	0,1	3,7	0,09	14,5	0,4
8	Азот нитратов	мг/дм <sup>3</sup>	2,6	0,3	-	-	-	-	-	-
9	Железо общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,7	7	0,8	8	0,9	9	0,7	7
10	Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	37	0,4	41	0,4	51	0,5	28	0,3
Продолжение таблицы 2.2.9										
11	Фосфор фосфатов	мг/дм <sup>3</sup>	0,22	1,1	0,7	3,5	1,8	9	0,6	3
12	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,69	3,4	2,1	10,5	3,6	18	1,7	8,5
13	Фосфор общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,23	-	0,7	-	1,2	-	0,7	-



14	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	34	0,1	52	0,2	67	0,2	65	0,2
15	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	487	-	477	-	156	-	426	-
16	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	8,8	11,7	13,3	17,7	17,5	23,3	18	24
17	ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	41	-	60	-	28	-	16,1	-
18	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	6	0,4	13,2	0,2	9,8	0,2	14,8	0,1
19	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,3	-	7,8	-	4	-	9,4	-
20	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,32	3,2	0,32	3,2	0,26	2,6	-	-
21	Н/П	мг/дм <sup>3</sup>	0,061	1,2	0,086	1,7	0,08	1,6	-	-
22	Марганец общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,072	0,7	0,159	1,6	0,13	1,3	0,23	2,3
23	Хром общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,002 9	0,04	0,011	0,2	0,002 5	0,03	0,015	0,2
24	Свинец общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,002 3	0,4	0,003	0,5	0,002	0,3	0,012	2
25	Хром VI	мг/дм <sup>3</sup>	менее 0,001	0,05	0,007	0,3	0,001	0,05	0,010	0,5
26	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	50,9	0,3	66	0,3	46,4	0,3	47,9	0,3
27	Магний расчетный	мг/дм <sup>3</sup>	29,2	0,73	15,3	0,4	19	0,47 5	22,2	0,5
28	Натрий	мг/дм <sup>3</sup>	18,1	0,2	-	-	67,2	0,56	48,9	0,4
Количество превышений ПДК			10		9		10		8	

На основе данных таблицы 2.2.9 была сделана диаграмма, наглядно показывающая процентное отношение проб воды, не соответствующих предельно допустимым концентрациям для вод водных объектов рыбохозяйственного значения [14].

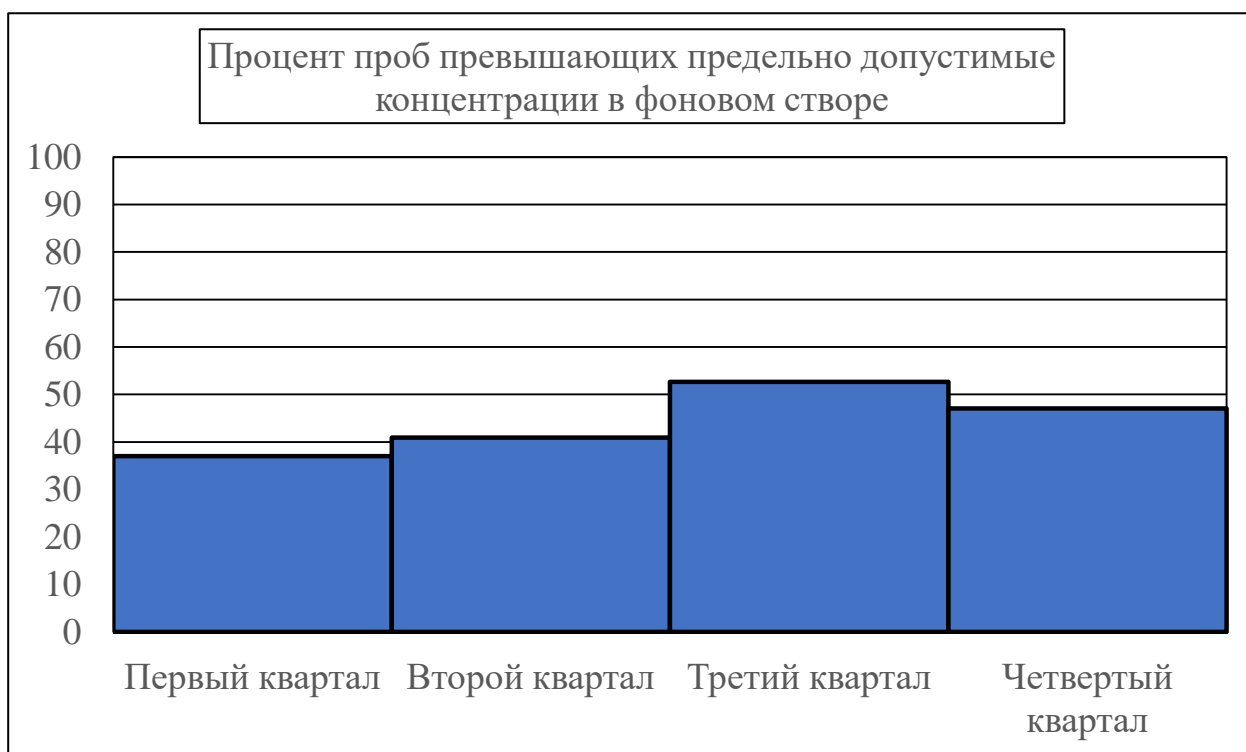


Рисунок 2.2.1 – Процентное отношение анализируемых показателей превышающих ПДК к общему числу анализируемых показателей

Неизменно превышение предельно допустимых концентраций наблюдалось по следующим показателям:

- Ион аммония (Наибольшее превышение зафиксировано во втором квартале 2020 года  $\frac{C}{ПДК}=18,2$ );
- Нитрит-ион (значительные превышения наблюдались во втором и четвертом квартале  $\frac{C}{ПДК} = 4,6$  и  $\frac{C}{ПДК}=4,5$  соответственно);
- Железо (превышение составляет 7-9 за период наблюдения);
- Фосфат-ион (максимально превышение зафиксировано в третьем квартале 2020 года  $\frac{C}{ПДК}=18$ );
- АПАВ;

- Нефтепродукты (превышение незначительное на фоне вышеперечисленных показателей варьируется от 1,2 до 1,7ПДК);

- Взвешенные частицы.

Правительство Санкт-Петербурга в Докладе об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году классифицируют реку Славянку как грязную [10]. Исходя из этого необходимо оценить степень влияния выпусков сточных вод предприятия, а также степень смешения и разбавления природных воды со сточными выпусками.

На основе данных таблиц 2.2.2, 2.2.4, 2.3.6, 2.2.8 были построены графики для показателей, превышение ПДК которых фиксировалось в каждом квартале. Графики визуализируют изменение концентраций данных загрязняющих веществ в фоновом и контрольном створе.

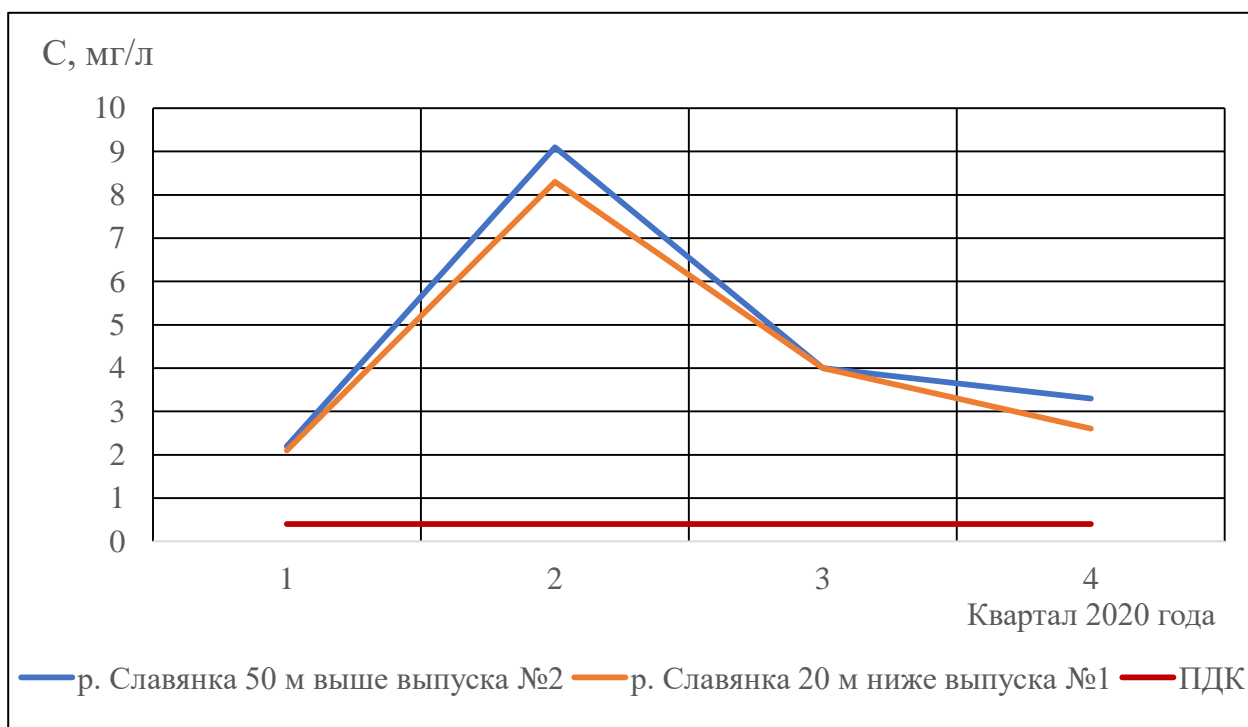


Рисунок 2.2.2 – Изменение концентрации иона аммония в фоновом и контрольном створе

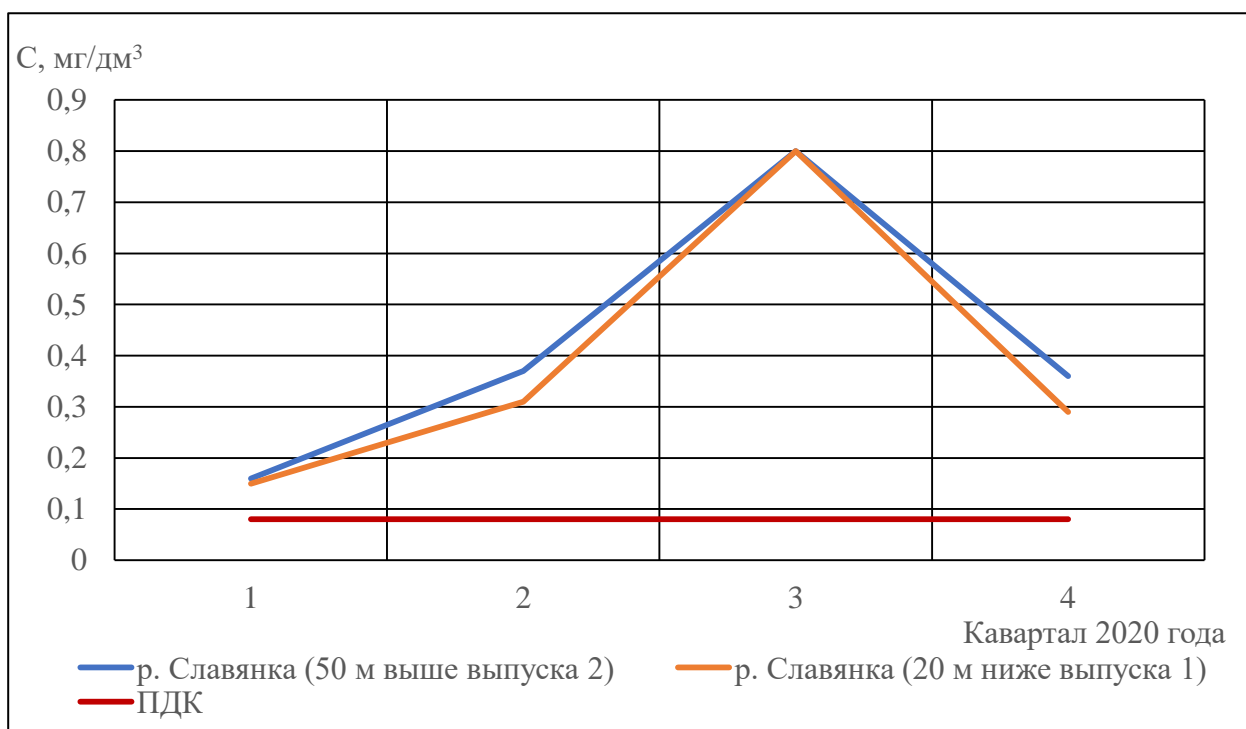


Рисунок 2.2.3 – Изменение концентрации нитрит-иона в фоновом и контрольном створе

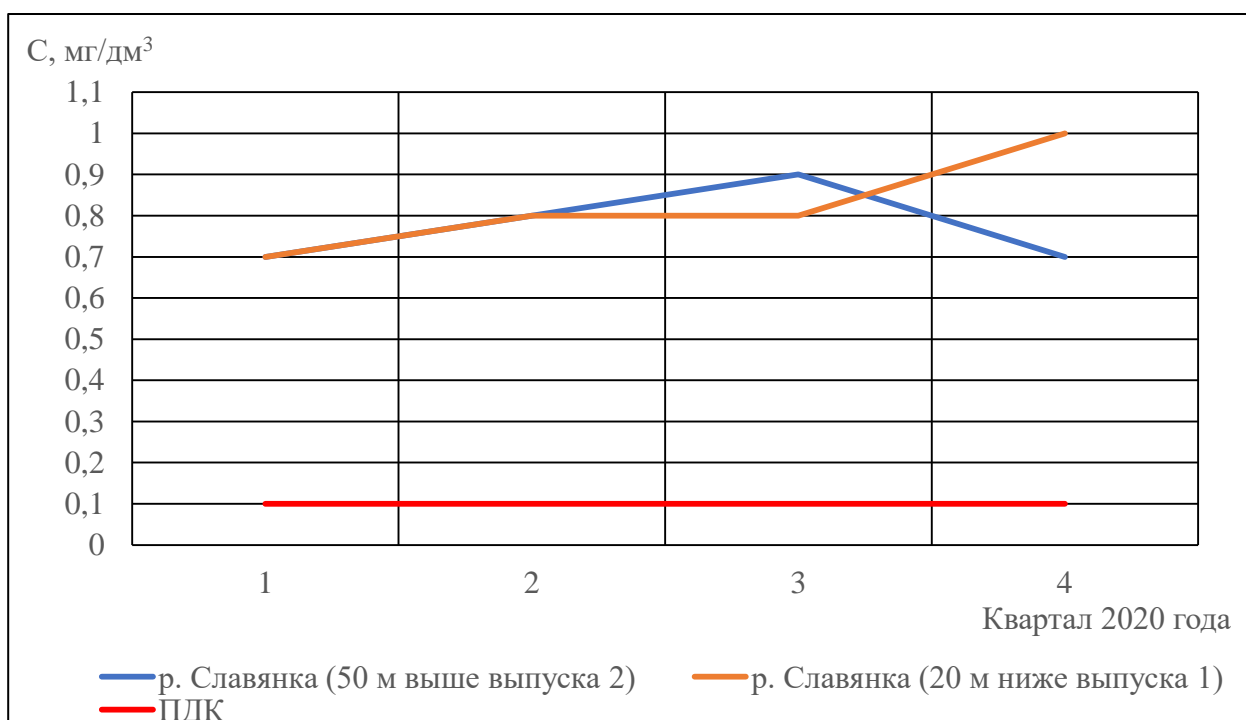


Рисунок 2.2.4 – Изменение концентрации железа в фоновом и контрольном створе

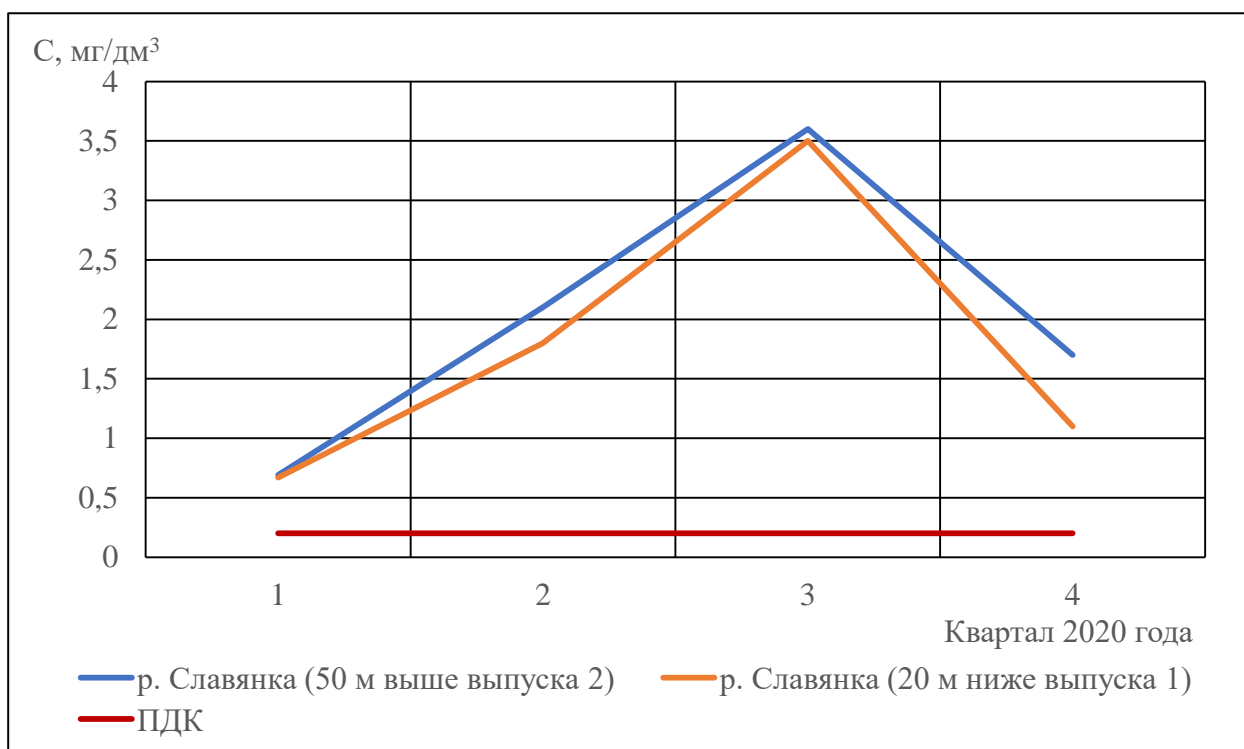


Рисунок 2.2.5 – Изменение концентрации фосфат-иона в фоновом и контрольном створе

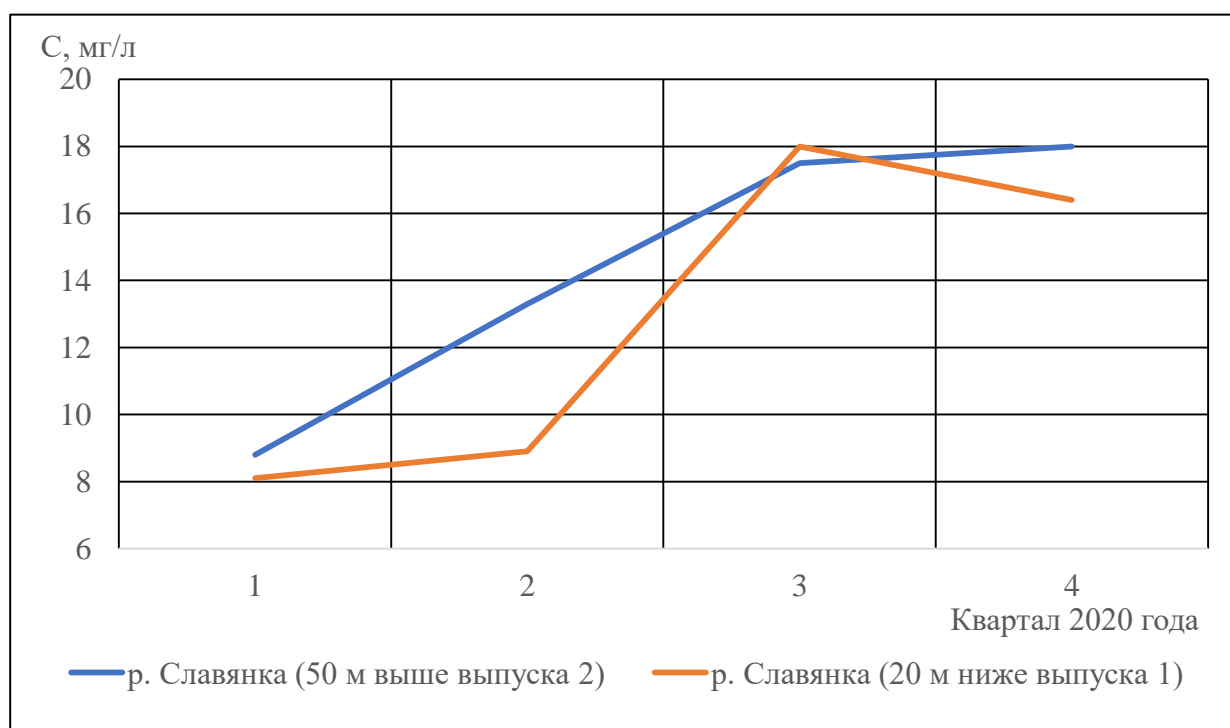


Рисунок 2.2.6 – Изменение концентрации взвешенных веществ в фоновом и контрольном створе

Также на основе данных таблиц 2.2.2, 2.2.4, 2.3.6, 2.2.8 были построены графики изменения таких показателей, как БПК<sub>5</sub>, ХПК и растворенного кислорода. Так как кислород является окислителем органических соединений в водных объектах, есть необходимость отслеживать данные показатели.

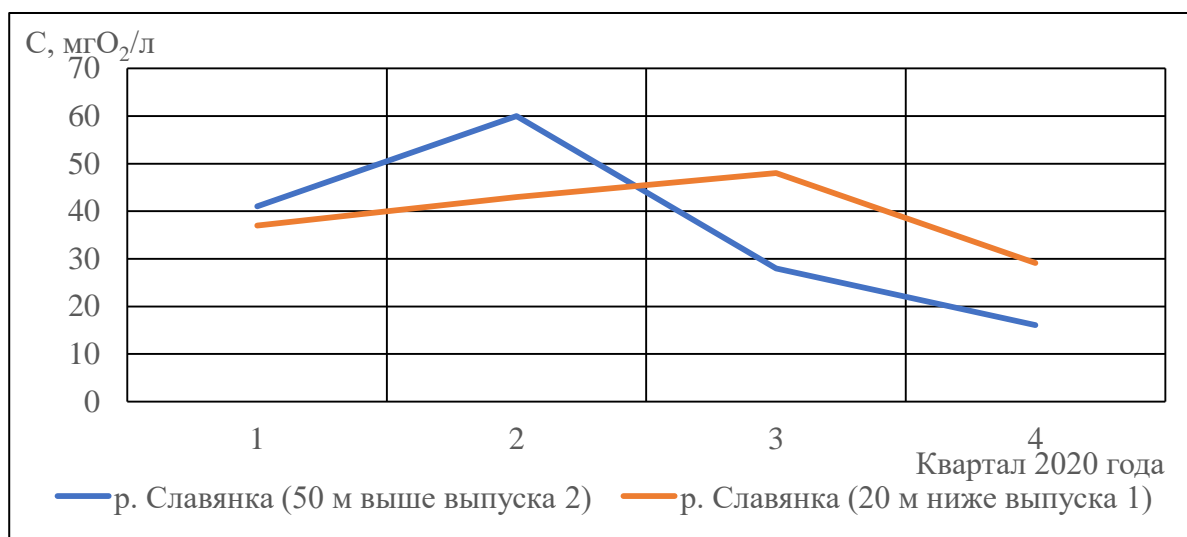


Рисунок 2.2.6 – Изменение показателя химического потребления  
кислорода

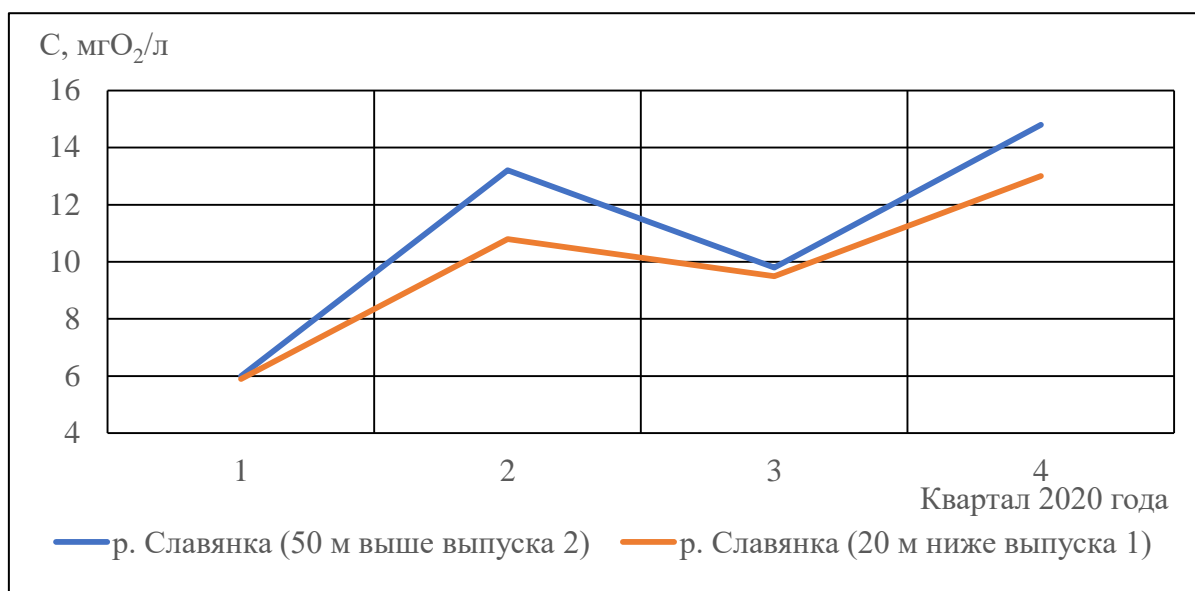


Рисунок 2.2.7 – Изменение БПК<sub>5</sub> в фоновом и контрольном створе

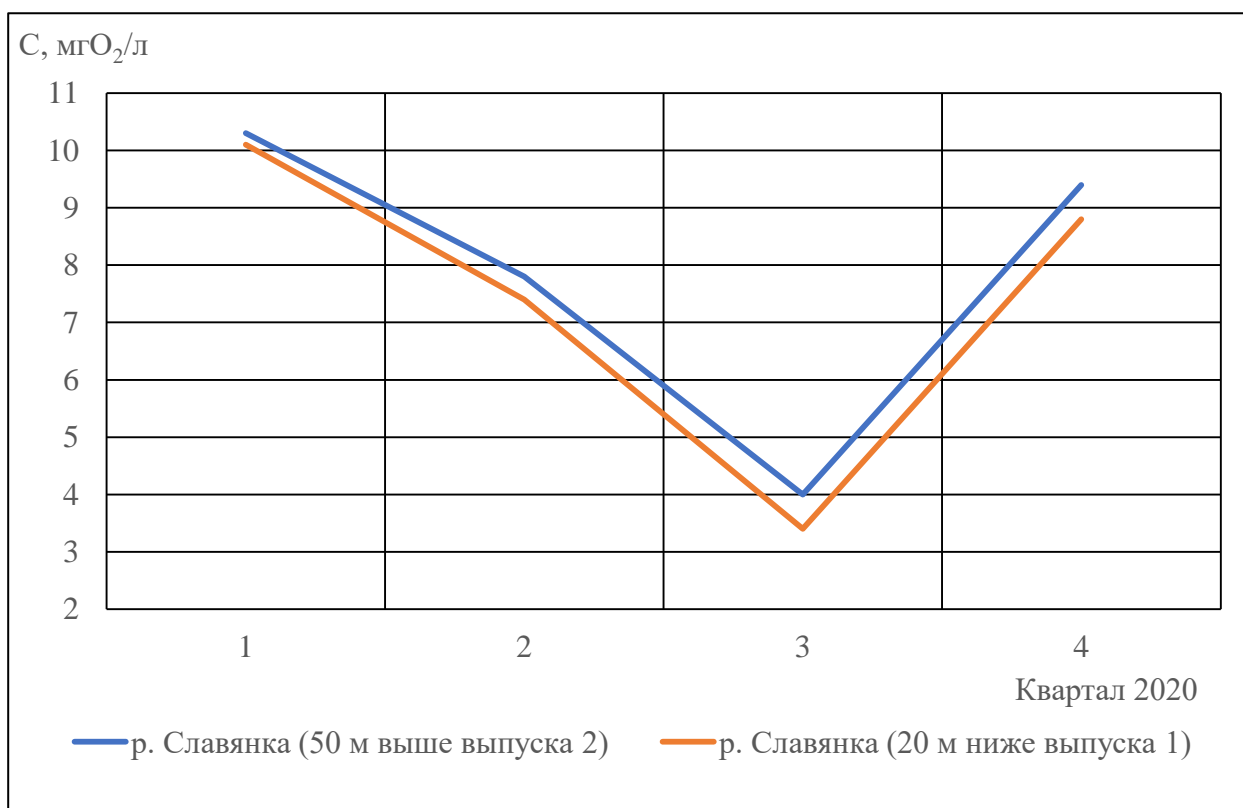


Рисунок 2.2.8 – Изменение концентрации растворенного кислорода в фоновом и контрольном створе

*Микробиологические исследования сточной воды.* Согласно главе 6 (Охрана водных объектов), статье 60 пункту 6 Водного кодекса РФ сброс сточных вод, не подвергшихся санитарной очистке и обезвреживанию (исходя из нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водных объектах), запрещается. Также это означает, что сброс сточных вод, зараженных патогенными микроорганизмами, недопустим. В связи с этим организация обязана проводить исследования и выявлять наличие недопустимых микроорганизмов и возбудителей болезней.

На договорной основе микробиологические исследования сточной воды предприятия осуществляет ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург» по трем выпускам после очистных сооружений.

В таблице 2.2.10 представлены результаты анализа проб из бактериологической лаборатории по трем выпускам за четвертый квартал 2020 года.

Таблица 2.2.10 – Результаты исследования сточных вод бактериологической лаборатории

Определяемый показатель	Единицы измерения	Результаты	НД на метод исследования
Проба №1, хозяйственно-бытовая сточная вода после очистных сооружений, последний колодец перед выпуском №1			
Общие колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	Менее 9	МУ 2.1.5.800-99
Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	Менее 9	
Колифаги	БОЕ в 100 мл	Менее 3,3	
Сальмонеллы в 1000 мл	-	Не обнаружено	
Проба №2, условно-чистая сточная вода, последний колодец перед выпуском №2			
Общие колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	Менее 9	МУ 2.1.5.800-99
Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	Менее 9	
Колифаги	БОЕ в 100 мл	Менее 3,3	
Сальмонеллы в 1000 мл	-	Не обнаружено	
Проба №3, Ливневая сточная вода после очистных сооружений, последний колодец перед выпуском №3			
Общие колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	Менее 9	МУ 2.1.5.800-99
Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ в 100 мл	Менее 9	
Колифаги	БОЕ в 100 мл	Менее 3,3	
Сальмонеллы в 1000 мл	-	Не обнаружено	



Возбудителей кишечных инфекций в пробе не обнаружено. Микробиологические исследования производятся регулярно с целью контроля качества сточных вод и недопущения попадания болезнетворных микроорганизмов в воды водного объекта.

#### 2.2.1 Расчет коэффициента смешения и кратности разбавления сточных вод

Разбавление сточных вод – процесс снижения концентраций загрязняющих веществ в водотоках и водоемах, протекающий вследствие перемешивания сточных вод с окружающей водной средой. Интенсивность процесса разбавления характеризуется кратностью разбавления [12].

Под разбавлением  $n$  подразумевается отношение суммы расходов разбавляемой  $q$  и разбавляющей  $Q_{см}$  воды к расходу разбавляемой воды:

$$n = \frac{q + Q_{см}}{q} = \frac{q + vQ}{q}; [13] \quad (2.1)$$

Расход разбавляющей воды можно представить как часть полного расхода речного потока  $Q$ :

$$Q_{см} = vQ \quad (2.2)$$

где  $v$ - коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода  $Q$  участвует в разбавлении сточной жидкости.

Расход сточных вод предприятия  $q = 0,00214 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Гидрологические данные расхода реки в устье  $1,8 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Средняя скорость течения реки на расчетном участке составляет 0,24 м/с (исходные данные). Глубина реки 1,5 м. Расстояние от места выпуска сточных вод до контрольного створа 20 метров.

Расчет кратности разбавления производится по методу В.А. Фролова – И.Д. Родзиллера.

Для расчета кратности разбавления сточных вод водами реки по формуле 2.1 необходимо рассчитать коэффициент смешения по формуле 2.3 [13].

$$v = \frac{1 - e^{-a\sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{q}\right)e^{-a\sqrt[3]{L}}}; \quad (2.3)$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения и определяется по формуле 2.4.

$$a = \varphi_{\xi} \sqrt[3]{\frac{D}{q}}; [13] \quad (2.4)$$

где  $\varphi$  - коэффициент извилистости русла (расстояние от выпуска сточных вод по прямой составляет 20 метров, по форматору 27. Коэффициент равен 1,35);

$\xi$  - коэффициент, учитывающий положение места выпуска сточных вод (береговой выпуск,  $\xi = 1$ );

$D$  – коэффициент турбулентной диффузии. Так как река относится к равнинному типу расчет коэффициента турбулентной диффузии можно рассчитать по формуле М.В. Потапова (2.5):

$$D = \frac{VH}{200}; [13] \quad (2.5)$$

где  $V$  - средняя скорость течения на расчетном участке;

$H$  - глубина реки.

Подставив исходные данные получим:

$$D = \frac{0,24 \cdot 1,5}{200} = 0,0018;$$

$$a = 1 \cdot 1,35 \sqrt[3]{\frac{0,0018}{0,24}} = 0,264;$$

$$v = \frac{1 - e^{-0,264 \sqrt[3]{20}}}{1 + \left(\frac{1,8}{0,002}\right) e^{-0,264 \sqrt[3]{20}}} = 1,16 \cdot 10^{-3}.$$

Кратность разбавления сточных вод водами реки будет равна:

$$n = \frac{0,002 + 0,00116 \cdot 1,8}{0,002} = 2,044$$

#### 2.2.2. Описание системы очистки сточных вод

Все сточные воды на предприятии перед выпуском в водный объект проходят предварительную очистку на локальных очистных сооружениях. Ливневой сток на предприятии проходит очистку по средствам установки для очистки ливневых (поверхностных) сточных вод «ЛВХ ФС – 25 БМ». Установка предназначена для механической очистки и сорбционной обработки ливневых сточных вод. Очищенная на такой установке ливневая сточная вода предназначена для сброса в водные объекты рыбохозяйственного назначения, коей и является река Славянка. Качество очищенных сточных вод соответствует требованиям таких документов, как:

- СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»;
- Методические указания МУ 2.1.5.800-99 «Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод»;

- ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения»;

- Перечню рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение;

Качество очищенных сточных вод соответствует требованиям вышеперечисленных нормативных актов при концентрации загрязняющих веществ в исходной воде, не превышающей показатели, указанные в таблице 2.2.2.1.

Таблица 2.2.2.1 – Состав исходной и качество очищенной воды

№ п/п	Наименование загрязнений воды	Состав исходной воды	ПДК для р/х водоёма	НД на метод исследования
1	Температура, °С	Не ниже 5	-	ГОСТ 3351-74
2	Взвешенные вещества, мг/л	До 100	10	-
3	Сухой остаток, мг/л	1000	1000	ГОСТ 18164-72
4	Общая минерализация мг/л	1000	1000	-
5	рН	6,5-8,5	6,5-8,5	Описание к прибору рН-метр
Продолжение таблицы 2.2.2.1				
6	Азот аммонийный, мг/л	1,5	0,5	ГОСТ 4192-82
7	Азот нитритов, мг/л	0,08	0,08	ГОСТ 4192-82

8	Азот нитратов, мг/л	40	40	ГОСТ 18926-73
9	Фосфаты, мг/л	0,2	0,2	-
10	Сульфаты, мг/л	100	100	ГОСТ 4389-72
11	Хлориды, мг/л	300	300	ГОСТ 4245-72
12	Железо, мг/л	5,0	0,1	ГОСТ 4011-7
13	Марганец, мг/л	0,5	0,1	ГОСТ 4974-72
14	Алюминий, мг/л	0,1	0,04	-
15	Нефтепродукты, мг/л	До 10	0,05	-
16	АПАВ, мг/л	5	0,1	-
17	БПК, мгО <sub>2</sub> /л	до 10	3	
18	ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	До 100	30	Указание к ГОСТ 276-84

Для понимания соответствует ли исходная сточная вода требованиям проводится анализ пробы воды до ОС. Результаты анализа ливневой сточной воды до очистных сооружений за первый квартал 2020 года представлен в таблице 2.2.2.2.

Таблица 2.2.2.2 – Результаты анализа пробы воды ливневой канализации до ОС за 2020 год

№ п/п	Определяемый показатель	Ед. изм.	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
			Проба №9	Проба №100	Проба №155	Проба №292
1	Температура воды	С	10,01	12,6	-	-
2	рН (водородный показатель)	рН	6,98	7,1	6,91	6,94
3	Аммония ион	мг/дм	0,44	1,1	0,8	0,89
4	Азот аммонийный	мг/дм	0,34	-	-	-
5	Нитрит-ион	мг/дм	0,04	0,06	0,07	0,05
6	Азот нитритный	мг/дм	0,01	-	-	-
7	Нитрат-ион	мг/дм	0,5	0,12	0,5	5,7
8	Азот нитратный	мг/дм	0,1	-	-	-
9	Железо общ	мг/дм	0,5	1,8	0,4	1,5
10	Сульфат-ион	мг/дм	33	52	58	49
11	Фосфат-ион	мг/дм	0,34	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05
12	Фосфор фосфатов	мг/дм	менее 1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1
13	Общий фосфор	мг/дм	менее 1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1
14	Хлорид-ион	мг/дм	22	75	80	36
15	Сухой остаток	мг/дм	657	556	637	386
16	Взвешенные вещества	мг/дм	9,4	13,2	8,5	6,9
17	ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм	32	35	37	38
18	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм	3,4	2,9	3,7	3
19	АПАВ	мг/дм	0,06	0,06	0,09	0,08
20	Нефтепродукты	мг/дм	0,064	0,078	0,095	0,07
21	Марганец	мг/дм	0,063	0,072	0,14	0,13

Превышение было обнаружено в первом квартале по фосфатам в исходной воде составили 0,34 при допустимом для очистки 0,2. Более

превышений в следующих квартала не наблюдалось, исходя из этого предполагается, что очистка производилась в соответствии с техническими возможностями установки в полном объеме.

*Очистка производственных стоков выпуска №2.* Очистка производственных стоков в водный объект (река Славянка) на выпуске №2 производится на локальных очистных сооружениях для очистки промышленных (производственных) сточных вод.

Оборудование локальных очистных сооружений предназначено для размещения в северо-западной строительной зоне и должно нормально функционировать в условиях территории с нормальными грунтами и температурой окружающей среды от минус 40 до плюс 40 градусов. Технологическая схема локальных очистных сооружений представлена в приложении А.

Принцип работы. Производственная сточная вода по канализационной сети поступает в подземный колодец-усреднитель, откуда насосом с постоянным расходом подается в блочно-модульное помещение, а оттуда транзитом в подземный резервуар (Е1) на 20 кубических метров.

Перед подачей производственных стоков в подземный резервуар (Е1) в блочно-модульном помещении в их поток производится дозированная подача растворов кислоты или щелочи, в зависимости от сигнала датчиков рН, которые размещаются на выходе Е1. Подача растворов кислоты или щелочи производится в двух емкостях реагентов ЕР1 и ЕР2.

Снизу в подземный резервуар (Е1) через перфорированные трубы, подается сжатый атмосферный воздух от воздуходувки (ВД1 или ВД2) с целью интенсификации процесса нейтрализации сточной производственной воды, а так же для отдувки из её объема легкоиспаряемых растворенных примесей (метанол, этанол и др.). При этом атмосферный кислород

растворяется в сточной воде, за счет чего осуществляется начальное окисление растворенных в воде веществ слабым окислителем ( $O_2$ ).

Далее сточная вода по трубе самотеком направляется из первого подземного резервуара (E1) во второй подземный резервуар (E2). В конце трубы от первого резервуара ко второму в сток производится дозированная подача растворов коагулянта (ОХА) и окислителя (ГПХ).

В объеме второго подземного резервуара осуществляется процессы хлопьеобразования, окисления примесей, растворенных в сточных водах, сильным окислителем (гипохлорат натрия) и частичного отстаивания выделенных хлопьев.

Вода, обработанная реагентами и отстоянная в объеме второго подземного резервуара (E2), забирается из него самовсасывающим насосом НС1 или НС2 и сверху-вниз попадает в блок механических фильтров, загруженных гидроантрацитом. В данном блоке производится контактное осветление сточной воды, то есть удаление из нее остаточных мелкодисперсных хлопьев, которые не успели отстояться во втором резервуаре (E2).

Контактно-осветленная вода направляется в сорбционный каркасно-засыпной фильтр, а затем из верхнего отсека каркасного фильтра сорбционно-очищенная сточная вода самотеком поступает первоначально в УФ-облучатель марки «ЛВХ УФО-3» (фотолитический отсек) с целью её окончательного обезвреживания и окисления остаточных растворенных примесей.

Очищенная и обеззараженная воды проходит через узел учета, а затем самотеком отводится в водный объект (реку Славянка).

Механический фильтр последовательно автоматически промывается потоком фильтрованной воды. Отработанная промывная вода отводится в



наземный резервуар, в котором отстаивается в течении нескольких часов, после чего отстоянная вода насосом возвращается на вход в первый подземный резервуар, а затем аналогично очищается.

Периодически включается погружной насос, который размещается на самом дне во втором подземном резервуаре. Периодичность полного откачивания осадка из второго резервуара задается контроллером и составляет примерно 1 раз в сутки. Насос отключается либо собственным поплавком, либо по сигналу контроллера после установленного времени. Откачка осадка из второго резервуара производится в наземный резервуар.

В самом наземном резервуаре на самом дне размещаются погружные насосы, данный насос связывается по трубам с устройством обезвоживания осадка. Мешочное устройство обезвоживания осадка размещено вверху на крышке наземного резервуара.

### 2.2.3 Расчет эффективности очистки сточных вод

Согласно главе 6 (Охрана водных объектов) статье 60 пункту 6 Водного кодекса РФ сброс сточных вод, не подвергшихся санитарной очистке и обезвреживанию (исходя из нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водных объектах), запрещается [11]. Следовательно, при осуществлении сброса сточных вод в воды водного объекта необходимо производить предварительную очистку, которая на предприятии осуществляется на локальных очистных сооружениях, так как концентрации загрязняющих веществ до очистки превышают нормативно допустимые концентрации.

Эффективность очистки сточных вод можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{(C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}})}{C_{\text{вх}}} * 100\%, [13] \quad (2.6)$$

где  $\mathcal{E}$  - эффективность очистки сточных вод, %;

$C_{\text{вх}}$  – концентрация загрязняющих веществ в сточной воде до очистных сооружений, мг/л;

$C_{\text{вых}}$  – концентрация загрязняющих веществ в сточной воде после очистных сооружений, мг/л.

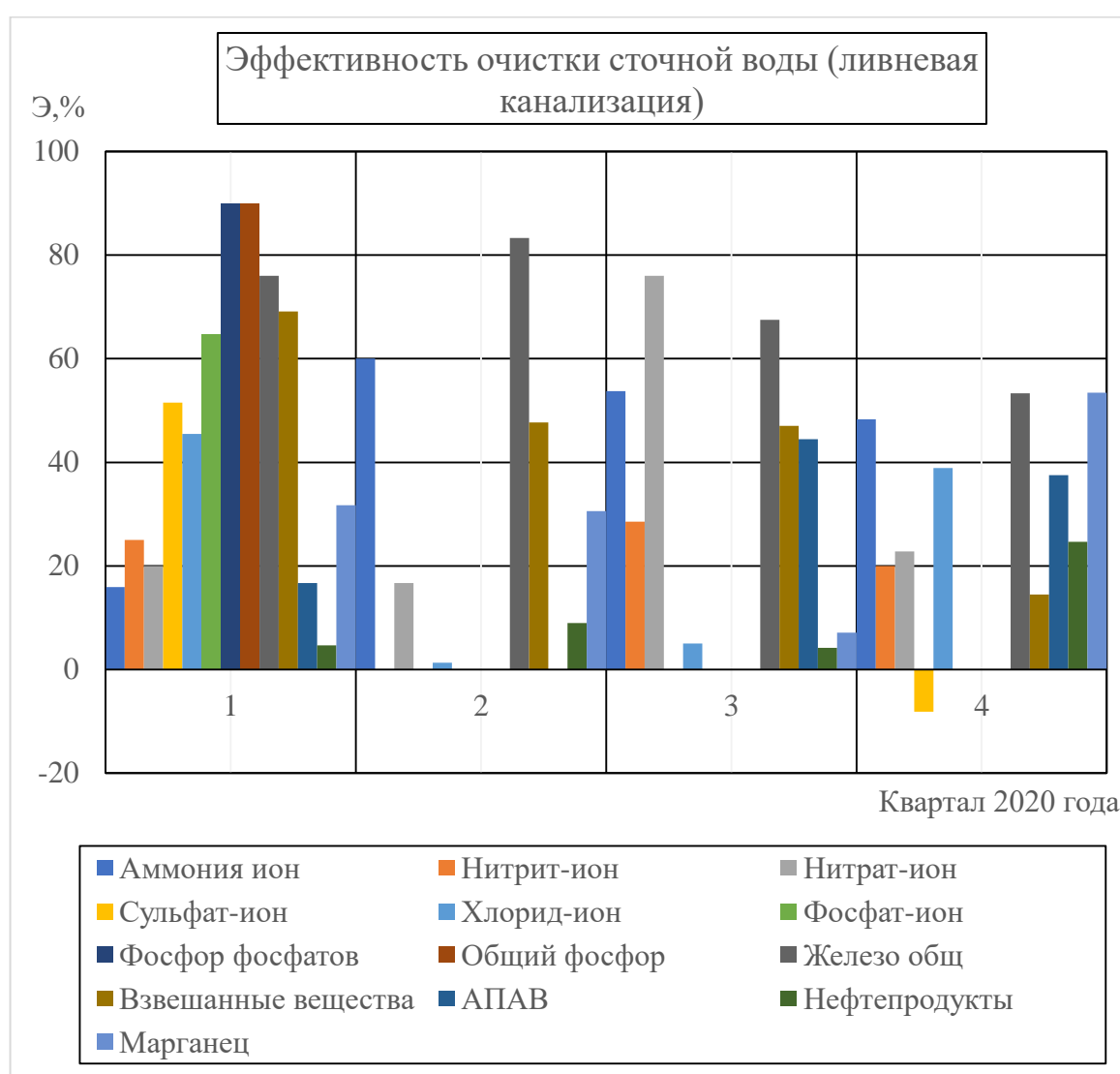


Рисунок 2.2.2.1 – Эффективность очистки сточных вод ливневой канализации (Выпуск №3)

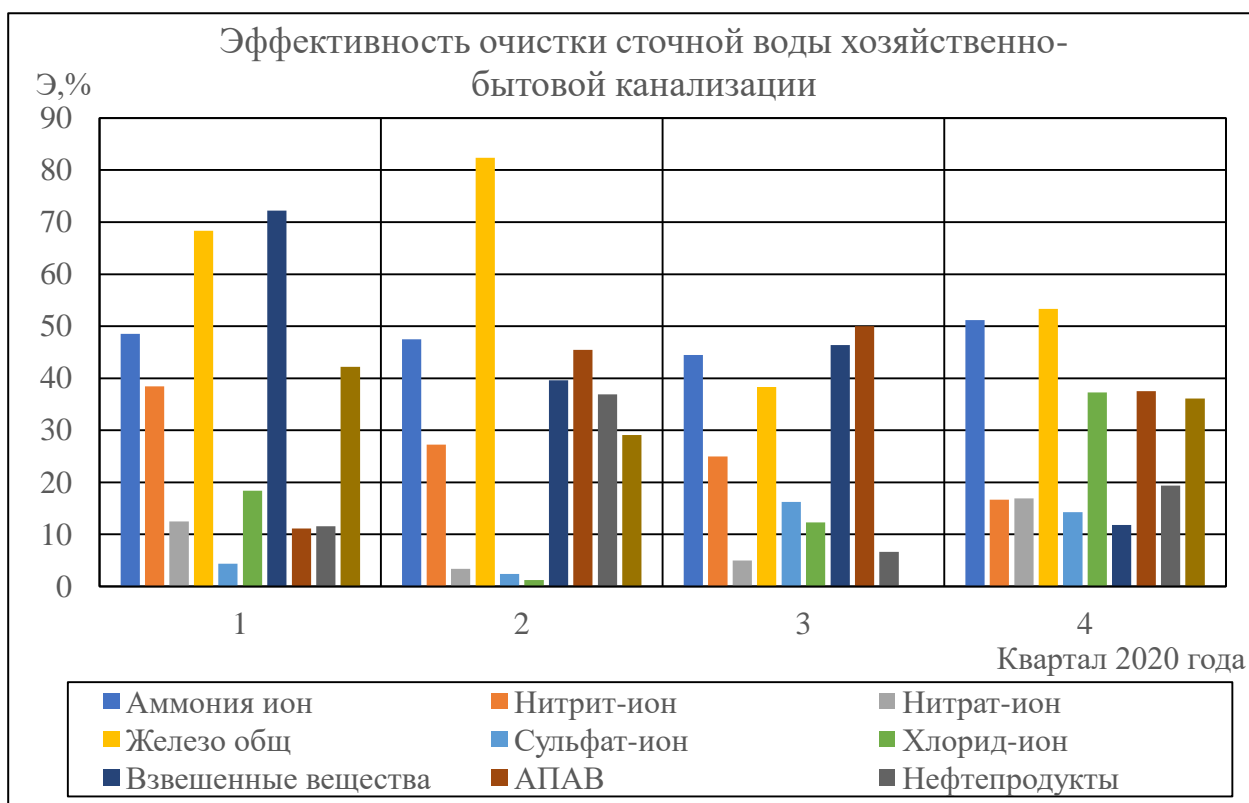
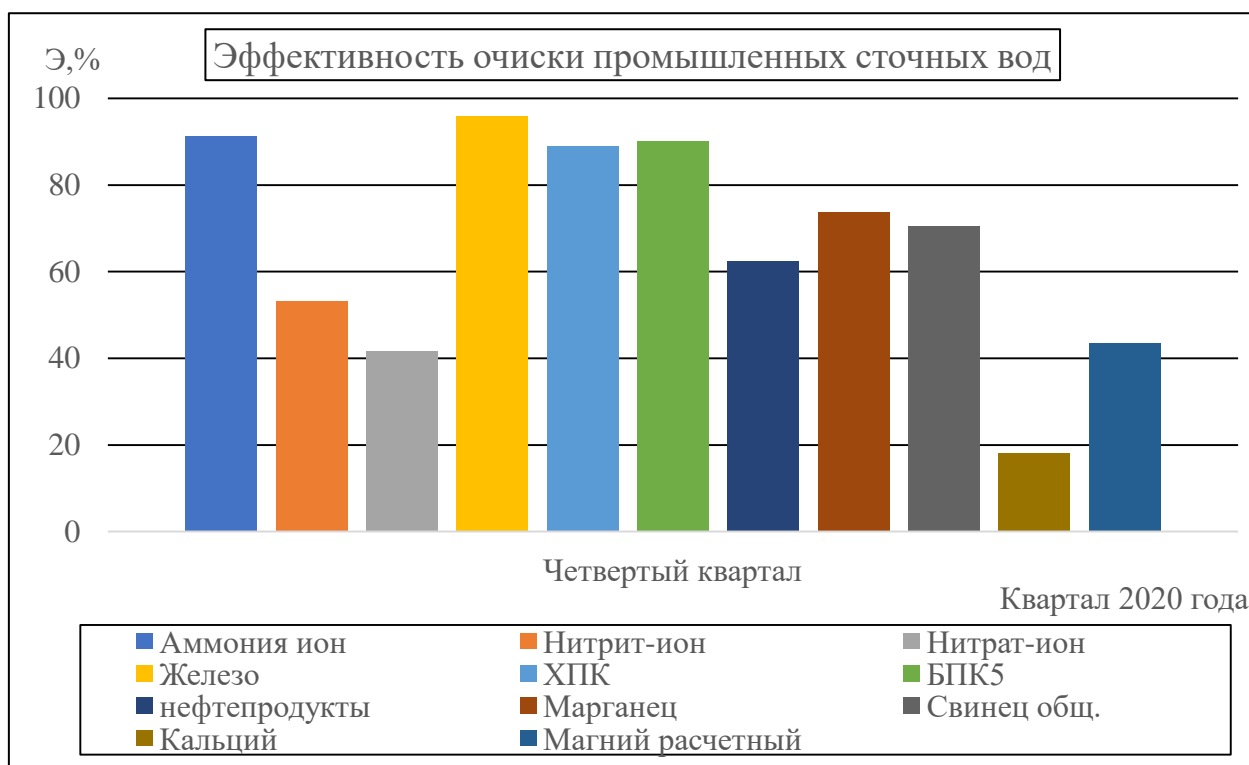


Рисунок 2.2.2.2 – Эффективность очистки сточной воды хозяйственно-



бытовой канализации (Выпуск №1)

Рисунок 2.2.2.3 – Эффективность очистки производственных стоков за IV квартал 2020 года (Выпуск №2)

Наиболее тщательной и соответственно с наибольшей эффективностью очищаются производственные условно-чистые сточные воды. С наибольшей эффективностью из производственных сточных вод удаляются биогенные элементы, такие как железо (96% очистки), ионы аммония (91,25% очистки), а также тяжелые металлы такой как свинец (70,5% очистки), что можно увидеть на рисунке 2.2.2.3.

В ливневой канализации эффективно очищаются также биогенные элементы, такие, как фосфор (90% за первый квартал 2020 года), железо (76% за первый квартал, 83,3% за второй квартал, 67% за третий квартал и 53% за четвертый квартал 2020 года), а также нитрат-ионы (76% за второй квартал 2020 года). Эффективность очистки хозяйственно-бытовой сточной воды остается приблизительно такой же, как и эффективность очистки ливневой канализации, за исключение очистки от взвешенных частиц, эффективность которой возрастает до 72% за первый квартал 2020 года, затем снижается в связи со снижением концентраций в исходной сточной воде.

## 2.3 Анализ полученных результатов и рекомендации

В пункте 2.2 были приведены графики изменения по кварталам концентраций приоритетных для наблюдения показателей (так как фиксировалось постоянное превышения концентраций в природной воде) загрязняющих веществ, показывающих концентрации выше по течению от сброса сточных вод (50 метров выше) и ниже по течению (20 метров ниже).

На рисунке 2.2.1, представляющий процентное отношения показателей, превышающих предельно допустимые концентрации, к общему числу анализируемых показателей за период, можно наблюдать повышения процентного отношения по второй половине 2020 года, но число

загрязняющих веществ превышающих ПДК остается приблизительно то же. Также из графиков 2.2.2-2.2.6 можно проследить возрастание концентрации в третьем квартале (летний период) концентраций биогенных элементов, таких, как железо, а также таких, как нитрит-ион и фосфат-ион, взвешенные вещества. За третий квартал прослеживается незначительное снижение концентрации данных загрязняющих веществ в контрольном створе (20 метров ниже по течению) или же отсутствие такого снижения (рисунок 2.2.3) как с нитрит-ионом.

В то же время в контрольном створе происходит явное увеличение показателя ХПК сравнивая с фоновым створом (рисунок 2.2.6), что может свидетельствовать об увеличении органических соединений. Так как предприятие в основном занимается синтезом лекарственных субстанций, в результате технологических процессов образуется значительное количество органических соединений, в том числе токсичных органических соединений. Значительное увеличение показателя ХПК в контрольном створе за третий и четвертый квартал 2020 года свидетельствует о высоком содержании органических соединений в сброшенной сточной воде, так как значения в фоновом створе в несколько раз ниже значений контрольного створа.

За тот же квартал явно снижается показатель БПК<sub>5</sub> как в фоновом, так и в контрольном створе (рисунок 2.2.7), но все также остается выше установленной нормы (2,1 для водных объектов рыбохозяйственного назначения).

Несмотря на повышенные концентрации загрязняющих веществ в контрольном створе, в большинстве рассматриваемых случаях они несколько ниже концентраций тех же веществ в фоновом створе, за некоторым исключением (концентрация железа в четвертом квартале).

В четвертом квартале 2020 года концентрация железа ниже выпусков сточных превышала ПДК в 10 раз, а разница с концентрацией в фоновом

створе составила 0,3 мг. Рассматривая диаграммы на рисунках 2.2.2.1 и 2.2.2.2, можно увидеть, что эффективность очистки железа в третьем и четвертом квартале была снижена приблизительно до 50% в выпуске №2, сбрасывающим сточные воды непосредственно в реку, и до 53% в ливневой канализации, сброс сточных вод которой осуществляется в приток реки. Несмотря на высокую очистку промышленных условно-чистых вод со всех трех выпусков, произошел сброс сточных вод с повышенным содержанием железа.

*Рекомендации.* Несмотря на прикладываемые усилия по снижению воздействия предприятия на реку Славянка, очистке сточных вод и регулярному отслеживанию качества сточной воды, экологическое состояние реки Славянка продолжает ухудшаться. В устьевой зоне реки (в промежутке от 4 км до 0 км от устья) сосредоточено значительное количество загрязнителей.

Как было замечено выше, повышение показателя ХПК в контрольном створе после выпуска сточных вод свидетельствует о повышенных концентрациях органических соединений, в том числе и токсичных. Для контроля токсичности сточных вод следует внедрить в производственных контроль также биотестирование сточной воды после очистных сооружений.

Методы биотестирования широко распространены для отслеживания токсичности сточных вод и весьма доступны. Существует ряд руководящих документов по определению опасности отходов и стоков, один из которых РД 64-085-89 «Методические указания. Методические основы биотестирования и определения генетической опасности отходов, поступающих в окружающую среду» [15].

В связи с тем, что методы биотестирования должны применяться для контроля токсичности различных категорий сточных вод, в качестве тест-объектов могут быть использованы водные организмы различного

систематического положения, отличающиеся по уровню токсобности в зависимости от биологии организмов, их морфофункциональной организации [15].

В качестве тест-объектов в методических указаниях предлагаются фитогидробионты: одноклеточные зеленые водоросли *Scenedesmus quadricauda*, высшие растения – ряска *Lemna minor*, зоогидробионты: инфузории *Tetrahymena pyriformis*, низшие ракообразные – дафнии *Daphnia magna* [15].

Основными критериями токсического действия на гидробионтов является показатель выживаемости особей, темпа размножения, роста культуры, интенсивности дыхания и фотосинтеза, поведенческие реакции [15].

Для определения токсичности сточных вод можно использовать методику определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и плодовитости дафний ФР 1.39.2007.03222 [16].

Методика основана на определении смертности и изменений в плодовитости дафний (*Daphnia magna* Straus, *Cladocera*, *Crustacea*) при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих токсических веществ (контроль) [16].

Острое токсическое действие растворов отдельных химических веществ, исследуемой воды или водной вытяжки из почв, осадков сточных вод и отходов на дафний определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50 % и более дафний за 96 часов в исследуемой воде при условии, что в контрольном эксперименте гибель не превышает 10 % [16].

В краткосрочных экспериментах по определению острого токсического действия устанавливают:

- острую токсичность или среднюю летальную концентрацию отдельных веществ (кратность разбавления вод или водной вытяжки из почв, осадков сточных вод и отходов, содержащих смеси веществ), вызывающую гибель 50 % и более тест-организмов ( $LK_{50-96} > LKP_{50-96}$ ),

- безвредную (не вызывающую эффекта острой токсичности) концентрацию отдельных веществ (кратность разбавления вод или водной вытяжки из почв, осадков сточных вод и отходов, содержащих смеси веществ), вызывающую гибель не более 10 % тест-организмов ( $BK_{10-96}$ ,  $BKP_{10-96}$ ) [16].

Хроническое токсическое действие растворов отдельных химических веществ, исследуемой воды или водной вытяжки из почв, осадков сточных вод и отходов на дафний определяется по смертности и изменению их плодовитости за период до 24 суток в исследуемой воде по сравнению с контрольным экспериментом. Критерием хронической токсичности служит гибель 20 % и более и (или) достоверное отклонение в плодовитости из числа выживших тесторганизмов по сравнению с контрольным экспериментом [16].



## Заключение и выводы

Река Славянка в 2020 году классифицировалась как грязная (из доклада Правительства Санкт-Петербурга «об экологической ситуации в Санкт-Петербурге»). Показано, что оказываемое воздействие промышленными предприятиями негативно сказывается на экологическом состоянии реки, и следует принять меры для предотвращения дальнейшего ухудшения качества вод водного объекта, так как любая хозяйственная деятельность подразумевает негативное воздействие на элементы окружающей среды.

В результате проделанной работы были сделаны следующие **выводы**.

Выводы:

1. В выпускной квалификационной работе рассматривалось загрязнение вод реки Славянка деятельностью промышленных предприятий, примером такого предприятия стал СКТБ «Технолог» из многих других. Показано, что, так как река протекает в черте города по территориям промышленных зон, антропогенная нагрузка в данном районе на реку значительно возрастает.

2. На основе предоставленных мной данных аккредитованной лаборатории на базе СКТБ «Технолог» и отбору проб в рамках производственного контроля по выпускам до и после очистных сооружений, а также выше и ниже места сброса сточных вод были проведены сравнения с предельно допустимыми концентрациями и выделены превышения в фоновых концентрациях загрязняющих веществ, что объясняет классификацию загрязненности реки.

4. Были проведены расчеты и построены графики для представления о возможном разбавлении фоновых концентраций и их снижении в створе ниже сброса сточных вод предприятия по тем загрязняющим веществам,

превышение которых в фоновом створе фиксировалось ежеквартально на протяжении 2020 года. На графиках удалось рассмотреть незначительное снижение концентраций загрязняющих веществ в контрольном створе, можно предположить, что происходит некоторое разбавление концентраций загрязняющих веществ в природной воде сточными водами. Но также зафиксировалось и резкое увеличение нескольких показателей в связи с выпуском условно-чистых недоочищенных вод.

5. Были также рассмотрены способы очистки сточных вод на предприятии и эффективность этой очистки. Для наглядности эффективности очистки были построены диаграммы с указанием веществ со значительными концентрациями в сточных водах. Наибольшая эффективность удаления загрязняющих веществ наблюдалась по таким показателям, как общий фосфор, взвешенные вещества и железо (более 80%), в третьем квартале такой эффективности очистки достиг нитрит-ион. Хозяйственно-бытовые сточные воды очищались с меньшей эффективностью по тем же показателям (взвешенные вещества, железо). Эффективность очистки остальных загрязняющих веществ варьировалась от 45-55%.

6. Достаточно высокая эффективность очистки наблюдалась при очистке условно-чистых производственных стоков. Эффективность очистки железа достигала 96%, иона аммония 91%. Несмотря на высокую очистку концентрация железа в контрольном створе увеличивалась по сравнению с контрольным створом.

7. Негативное воздействие, оказываемое на реку Славянка также остается высоким, несмотря на мероприятия, проводимые с целью снижения воздействия. На расстоянии от 0 до 4 км вверх от устья реки на реку оказывается наибольшее воздействие в связи с увеличением числа загрязняющих предприятий.

8. В результате выполнения работы были отмечены высокие значения показателя ХПК в контрольном створе после выпуска сточных вод, что, учитывая направленность производственной деятельности СКТБ «Технолог» на производство лекарственных субстанций, может свидетельствовать о повышенных концентрациях органических соединений в сточных водах, среди которых могут оказаться и токсичные химические соединения. Для контроля токсичности сточных вод рекомендуется внедрить в производственный контроль также биотестирование сточной воды после очистных сооружений.

## Список использованной литературы

1. Справочник водных ресурсов. Река Славянка (приток Невы): [Электронный ресурс] URL: <https://waterresources.ru/reki/slavyanka-pritok-nevy/> ;
2. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Невы. Книга 1. Общая характеристика речного бассейна. – СПб., 2015. – 150 с. ;
3. Состояние окружающей среды в Ленинградской области – СПб., 2018. – 372 с. ;
4. Комитет по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга: Паспорт промышленных зон Санкт-Петербурга/ 5-е издание - СПб., 2017 . – 100 с.;
5. Экологический портал Санкт-Петербурга: Поверхностные воды [Электронный ресурс] URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=54> ;
6. Росприроднадзор. Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду: [Электронный ресурс] URL: [https://uonvos.rpn.gov.ru/rpn/pto-uonvos/onv\\_registry/card/463580/review](https://uonvos.rpn.gov.ru/rpn/pto-uonvos/onv_registry/card/463580/review) ;
7. Досье производственной площадки СКТБ «Технолог». Site Master File. [Электронный ресурс] URL: [http://sktb-technolog.ru/research\\_center/pharm/](http://sktb-technolog.ru/research_center/pharm/) ;
8. Федеральный закон от 10.01.2001 №7-ФЗ (ред. От 26.03.2022) «Об охране окружающей среды»;
9. ГОСТ Р 56062-2014 «Производственный экологический контроль. Общие положения.» от 9.07.2014;
10. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/ Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с.;

11. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 01.04.2022);
12. Ульянов Н.Б., Сергиенко О.И. Определение условий выпуска загрязняющих веществ в окружающую среду: Учеб. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 182 с.;
13. Экология. Охрана водных объектов. Метод. указания и расчетные задания / Казан. гос. технол. ун-т; Сост.: Т.В. Андрияшина, Г.Н. Зиннатуллина, С.А. Антонова. Казань, 2004. - 50с.
14. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 года №552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменения на 10 марта 2020) [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> ;
15. РД 64-085-89 «Методические указания. Методические основы биотестирования и определения генетической опасности отходов, поступающих в окружающую среду» от 01.06.1990 года;
16. Федеральный реестр (ФР) ФР 1.39.2007.03222 «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и плодовитости дафний»

