

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

И.Л. Кравчук

\_\_\_\_\_ 2017г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Д.В. Ульрих

\_\_\_\_\_ 2017г.

Оценка природной реабилитации озер Первое, Второе и Шелюгино  
для оборотной системы водоснабжения промышленных предприятий  
г. Челябинска

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–08.03.01.2017.305-04.248 ПЗ ВКР

Руководитель проекта

С.Е. Денисов

\_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор проекта

студент группы АС-407

В.А. Губанов

\_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер

Е.В. Николаенко

\_\_\_\_\_ 2017 г.

Челябинск  
2017

## АННОТАЦИЯ

Губанов В.А. Выпускная квалификационная работа «Оценка природной реабилитации озер Первое, Второе и Шелюгино для оборотной системы водоснабжения промышленных предприятий г.Челябинска» – Челябинск: ЮУрГУ, АС – институт, 2017. – 82 с.– 6 листов ф. А1 – библиограф. 20 назв.

В выпускной квалификационной работе разработана схема оборотного водопотребления и водоотведения предприятий юго-восточного района г.Челябинска.

В пояснительной записке приведены основные характеристики озер Первое, Второе и Шелюгино, представлен химический состав озер. Так же проведено сравнение данных 80-х годов и 2016 года.

					<i>ЮУрГУ-08.03.01.2017.305-04.248 ПЗ ВКР</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснительная записка к ВКР</i>	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Зав. каф.</i>	<i>Ульрих</i>					<i>ВКР</i>	<i>6</i>	<i>82</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Денисов</i>					<i>ЮУрГУ (НИУ)</i>		
<i>Разработ.</i>	<i>Губанов</i>					<i>Кафедра ГИСС</i>		
<i>Проверил.</i>	<i>Денисов</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Николаенко</i>							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	10
1.1 Влияние промышленности на экологическое состояние окружающей среды.....	10
1.2 Экореставрация как направление природообустройства.....	10
1.3 Меры по восстановлению и охране водных объектов. ....	11
1.4 Экологическая реабилитация водоемов.....	13
1.5 Антропогенное воздействие на водные объекты.....	13
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	17
2.1 Первое озеро .....	17
2.2 Озеро Шелюгино .....	18
2.3 Второе озеро.....	18
2.4 Экологическое состояние озер: Первое, Второе, Шелюгино .....	19
2.5 Органолептические показатели качества воды .....	19
2.6 Обобщенные показатели качества воды .....	21
3 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СХЕМЕ ПРОМВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ЧЕЛЯБИНСКА И КОПЕЙСКА.....	27
3.1 Задачи исследований.....	27
3.2 Состояние вопроса по разрабатываемой схеме промводоснабжения .....	27
3.3 Основные направления исследований в работе .....	27
3.4 Условия работы изучаемой системы оборотного водоснабжения.....	28
3.5 Водный баланс системы озер .....	28
3.6 Химический состав воды озер.....	29
3.7 Нормирование ПДК в водных объектах .....	32
3.8 Сводная таблица состояния водных объектов .....	35
3.9 Характеристика донных отложений.....	39
4 ПРОГНОЗ СОЛЕВОГО СОСТАВА ВОДЫ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	41
4.1 Качества сточных вод, поступающих в исследуемые озера.....	41
4.2 Сточные воды ОАО «ЧТПЗ».....	43
4.3 Сточные воды завода «ЧКПЗ» .....	44
4.4 Сточные воды «ЧТЗ – УРАЛТРАК» .....	46
4.5 Сточные воды ОАО «Фортум» филиал Челябинская ТЭЦ–2 .....	47

4.6	Сточные воды ОАО «Фортум» филиал Челябинская ТЭЦ–3 .....	48
4.7	Балансовая схема водопотребления и водоотведения предприятий Юго–Восточного района Челябинска.....	48
4.8	Исходные данные для прогнозирования.....	49
4.9	Солевой состав промстоков предприятий Юго–Восточного района г. Челябинска на 1980 год .....	49
4.10	Методика прогнозирования.....	51
4.11	Варианты схемы повторного использования воды через систему озер .	52
4.12	Обсуждение полученных результатов .....	52
4.13	Методика и результаты прогнозирования солевого состава воды озер на перспективу по третьему варианту с выводом группы стоков из системы (вариант III «б»).....	54
5	НАУЧО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ .....	55
5.1	Отбор проб .....	55
5.1.1	Принципы отбора представительных проб .....	55
5.1.2	Виды проб .....	56
5.1.3	Виды отбора проб.....	56
5.2	Анализ проб .....	56
5.3	Методы анализа воды .....	57
5.3.1	Определение прозрачности воды.....	57
5.3.2	Определение окисляемости воды .....	58
5.3.3	Определение карбонатной жесткости .....	59
5.3.4	Определение общей жёсткости воды .....	60
5.3.5	Определение хлоридов в воде.....	60
5.4	Анализ полученных данных.....	61
5.5	Биологическая очистка воды на основе биоценоза .....	78
6	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	79
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	81

## ВВЕДЕНИЕ

При определении перспективного водопотребления и водоотведения основное внимание должно быть уделено наиболее рациональному использованию водных ресурсов, возможности всемирной экономии воды и сохранения ее качества в источниках. В промышленности это может быть достигнуто за счет перехода на оборотные системы водоснабжения, повторного использования воды, изменения технологических процессов ряда производств.

Вода – это самый важный из вовлекаемых в человеческое хозяйство природных ресурсов, по объему ежегодного использования она намного превосходит массу всех вместе взятых других добываемых ресурсов. Запасы воды на Земле колоссальны, но возможность их использования ограничена в первую очередь природными факторами, в том числе экологическими. Рост мировой экономики в XX веке, демографический взрыв, сопутствующее этому увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы и природные водные объекты стали причиной возникновения нехватки воды во многих регионах мира.

Южный Урал характеризуется высоким уровнем концентрации производств. В Челябинской области концентрация производства идет за счет создания и объединений комбинатов, а также реконструкции и расширения существующих предприятий. При этом преобладает проблема рационального промышленного водоснабжения и оттого, как будут распределены эти ресурсы – зависит эффективность их использования.

Большая часть использованной воды возвращается в водоемы в виде сточных вод, которые вызывают сильное и все более устойчивое загрязнение водоемов, затрудняющее или делающее невозможным дальнейшее их использование. Поэтому оздоровление водоемов относится к числу важнейших народнохозяйственных задач.

В целом в России без очистки в водные объекты сбрасывается около 20% неочищенных канализационных вод. Ежегодный ущерб от загрязнения водных объектов в первые годы XXI в. составлял в среднем около 70 млрд. руб. (в ценах 2001 г.), за последние годы этот показатель возрос.

Основным направлением в их решении является максимально возможное уменьшение количества сточных вод.

На технологические нужды предприятия требуется вода различного качества, что позволяет использовать отработанную воду в системах повторного использования на самом предприятии или соседних предприятиях, где требуется вода более низкого качества.

Таким образом, может быть резко уменьшено потребление предприятиями свежей воды и соответственно уменьшение количества сточных вод.

В связи с острейшим дефицитом водных ресурсов в Челябинском промрайоне на повестку дня встала задача использования для технического водоснабжения доочищенных бытовых сточных вод. Как один из вариантов предлагается использовать для доочистки стоков – систему из трех озер – Первое, Второе и Шелюгино.

					<i>ЮУрГУ–08.03.01.2017.305–04.248 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Влияние промышленности на экологическое состояние окружающей среды

Добывая руду и выплавляя из неё металл, сжигая и перерабатывая нефть, газ и уголь, создавая искусственные материалы, человек не только получает необходимую ему энергию, продукты и товары, он так же неизбежно "производит" ещё тысячи тонн вредных веществ и отходов, которые попадают в атмосферу, водоёмы, почву, в живые организмы, в том числе и в организм самого человека.

Посетив крупные города и промышленные предприятия, можно ужаснуться – в них скапливаются огромные горы мусора, которые превращают окрестности в пустыри и свалки. Поэтому загрязнение окружающей среды предприятиями промышленности и транспортными средствами, остается наиболее острой экологической проблемой, имеющей приоритетное социальное и экономическое значение.

Стремительное развитие производительных сил за последние десятилетия поставило перед человечеством немало задач, среди которых одна из первых обозначает проблему обеспечения водой растущего населения и хозяйства. И это понятно. Ведь от состояния водных ресурсов и их режима по существу, зависит решение всех наиболее актуальных, экологических, продовольственных и энергетических проблем. Это обусловлено уникальными свойствами воды, как компонента природной среды: ее незаменимостью, вхождением в состав всех сфер Земли – атмосферы, литосферы и биосферы, а также ее важной роли в физических, химических, биологических и геологических процессах, формирующих эти сферы, быстрой и устойчивой реакцией экосистем на избыток или недостаток воды, высокой динамичностью и, наконец, обязательным участием во всех видах производственной деятельности.

Водные ресурсы – это пригодные для потребления пресные воды, заключенные в реках, озерах, ледниках, подземных горизонтах. Пары атмосферы, океанические и морские соленые воды в хозяйстве пока не используются и составляют потенциальные водные ресурсы.

## 1.2 Экореставрация как направление природообустройства.

Природообустройство в общем виде понимается как согласование требований человеческого общества и свойств природы при ее использовании, изменение свойств компонентов природы для более эффективного использования. Понятие включает в себя также восстановление свойств природы, нарушенных при нерациональном использовании, восстановление водных ресурсов, борьбу со стихийными бедствиями. Это особый вид инженерной деятельности, заключающийся в улучшении компонентов природы для повышения их общей полезности, восстановления нарушенных компонентов и защиты их от

негативных последствий нерационального природопользования. Составляющие происходят из таких областей, как рекультивация и мелиорация, соответственно, имеют древние корни.

К основным принципам природообустройства отнесены принципы: целостности, сбалансированности, природных аналогий, необходимого разнообразия, адекватности воздействий, гармонизации круговоротов, предсказуемости, одновременной эффективности и безопасности, комплексности, нравственности, интеграции знаний. К примеру, принцип природных аналогий означает применение таких технологий, которые воспроизводят естественные процессы функционирования компонентов природы. Последнее очень важно для понимания концепции экологической реставрации водных объектов, для предотвращения многочисленных ошибок, совершаемых при экореставрации.

Признанными направлениями природообустройства являются мелиорация земель, рекультивация нарушенных земель, восстановление водных объектов, природоохранное обустройство территорий, природообустройство ООПТ, инженерная защита земель от негативных последствий нерационального природопользования (при строительных работах, добыче полезных ископаемых) или стихийных бедствий (суховеям, оползнями, размывами, затоплением, наводнениями и др.).

### 1.3 Меры по восстановлению и охране водных объектов.

Расходы федерального бюджета на мероприятия по восстановлению и охране водных объектов, защите населения и экономики от негативного воздействия вод в 2009 году составили 10,3 млрд. рублей. Кроме того, за счет федерального бюджета осуществлялась поддержка соответствующих мероприятий субъектов Российской Федерации посредством предоставления бюджетам субъектов Российской Федерации субсидий:

- на осуществление капитального ремонта гидротехнических сооружений, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации и муниципальной собственности, а также бесхозных гидротехнических сооружений с объемом финансирования 1,8 млрд. рублей;
- на осуществление капитального строительства объектов государственной собственности субъектов Российской Федерации и муниципальной собственности в рамках принятых федеральных целевых программ и объектов, не вошедших в такие программы (непрограммные инвестиции), с объемом финансирования 2,4 млрд. рублей.

За счет бюджетных ассигнований бюджетов субъектов Российской Федерации и муниципальных образований осуществлялось финансовое обеспечение исполнения указанных расходных обязательств, однако величина этих расходов не превышала 15–20 процентов общей стоимости проводимых мероприятий.

Расходы бюджетов субъектов Российской Федерации и муниципальных образований на осуществление мероприятий в сфере водных ресурсов в 2008 году составили 9,4 млрд. рублей, в 2009 году – 9,9 млрд. рублей, в 2010 году – 8,1

млрд. рублей с учетом указанных субсидий, а также субвенций на осуществление переданных полномочий Российской Федерации в сфере водных отношений. Таким образом, происходит сокращение расходов консолидированных бюджетов субъектов Российской Федерации на водохозяйственные мероприятия.

В соответствии со статьей 26 Водного кодекса Российской Федерации органам государственной власти субъектов Российской Федерации передано исполнение отдельных полномочий Российской Федерации в сфере водных отношений с предоставлением субвенций из федерального бюджета. Объем бюджетных ассигнований на финансовое обеспечение исполнения переданных полномочий в 2009 году составил 3,2 млрд. рублей.

В 2010 году расходы федерального бюджета на мероприятия по восстановлению и охране водных объектов, а также по защите населения и экономики от негативного воздействия вод сократились более чем на 20 процентов. Бюджетные ассигнования в 2011–2013 годах в сопоставимых ценах также не превысят уровень 2009 года.

На решение задач в сфере охраны и использования водных ресурсов в настоящее время направлены отдельные мероприятия федеральной целевой программы развития Калининградской области на период до 2015 года, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 7 декабря 2001 г. N866, федеральной целевой программы "Юг России (2008–2013 годы)", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 января 2008 г. N10, федеральной целевой программы "Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Забайкалья на период до 2013 года", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 1996 г. N480, федеральной целевой программы "Социально–экономическое развитие Курильских островов (Сахалинская область) на 2007–2015 годы", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 9 августа 2006 г. N 478, федеральной целевой программы "Социально–экономическое развитие Чеченской Республики на 2008–2012 годы", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 15 июля 2008 г. N537, федеральной целевой программы "Социально–экономическое развитие Республики Ингушетия на 2010–2016 годы", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2009 г. N 1087. Федеральная целевая программа "Экология и природные ресурсы России (2002–2010 годы)", включая подпрограммы "Водные ресурсы и водные объекты" и "Возрождение Волги".

Общий объем финансирования водохозяйственных мероприятий в рамках указанных федеральных целевых программ составляет 47 млрд. рублей.

Реализация мероприятий указанных федеральных целевых программ не обеспечивает комплексного подхода к решению задач в водохозяйственном секторе по следующим причинам:

программы охватывают не более 12 субъектов Российской Федерации;  
подавляющее большинство мероприятий, включенных в программы социально–экономического развития регионов, относятся к отрасли жилищно–



коммунального хозяйства и представляют собой мероприятия по строительству (реконструкции) очистных сооружений канализации.

Национальная программа по совершенствованию и развитию водохозяйственного комплекса России “Вода России, XXI век”. Программа разрабатывается на основе стратегических планов, которые должны базироваться на схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов. На ее основе разрабатываются и реализуются новые федеральные целевые программы и целевые программы субъектов Российской Федерации.

Разработка и ход реализации национальной программы должны сопровождаться широким обсуждением возникающих проблемных вопросов посредством систематических научно–практических конференций.

#### 1.4 Экологическая реабилитация водоемов

Природный водоем представляет собой биологически сбалансированную экологическую систему, настроенную на самоочищение и самовосстановление. Естественный биологический баланс может быть нарушен в результате:

- естественного старения водоема и накопления в водоеме естественной органики (листьев, ветвей, экскрементов рыб и водоплавающих птиц, отмерших водных растений);
- интенсивного загрязнения водоема техногенными органическими веществами и питательными (биогенными) элементами (мусором, ливневыми, канализационными сточными водами, наносами с полей и дорог, плохо очищенными сточными водами, удобрениями).

Попав в водоем, органические вещества частично растворяются в воде, частично опускаются на дно водоема, где из них формируется органическая биомасса донных осадков, подвергающаяся непрерывному разложению гнилостными бактериями и грибами. При этом в воде происходит резкое уменьшение растворенного кислорода и увеличение содержания продуктов распада – питательных (биогенных) элементов: азота и фосфора. Их избыток первоначально приводит к нарушению биологического равновесия и подавлению биологического самоочищения водоема, к изменению типа экосистемы пруда или озера на эвтрофный – а затем к заболачиванию.

#### 1.5 Антропогенное воздействие на водные объекты

В экономике Российской Федерации ежегодно используется порядка 60 куб. км воды. Одной из характерных проблем является недостаточная рациональность использования водных ресурсов. Так, водоемкость внутреннего валового продукта Российской Федерации значительно превышает аналогичные показатели экономик таких развитых стран, как Германия, Франция, США и Канада. Высоким уровнем водоемкости характеризуется экономика страны в целом и отдельные отрасли промышленности и сельского хозяйства.

Основными факторами, оказывающими негативное влияние на уровень рациональности использования водных ресурсов, являются применение устаревших водоемких производственных технологий, недостаточная степень оснащённости водозаборных сооружений системами приборного учета, а также высокий уровень потерь воды при транспортировке.

Объём потерь воды при транспортировке в Российской Федерации ежегодно составляет 7,5 куб. км. Более 90 процентов общего объёма потерь приходится на жилищно–коммунальное и сельское хозяйство. В числе основных причин высоких потерь воды можно выделить низкий технический уровень и значительную степень износа распределительных водоподводящих сетей, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений (50–60 процентов).

В масштабах страны затраты на электроэнергию, потребляемую в процессе транспортировки воды до конечного потребителя, исчисляются десятками миллиардов рублей. Вследствие высоких потерь воды, которые в жилищно–коммунальной сфере и сельском хозяйстве достигают 30–40 процентов, энергетические ресурсы используются неэффективно, что является одним из сдерживающих факторов на пути достижения поставленных целей по повышению энергоэффективности российской экономики.

Проблемой, требующей особого внимания, является сохраняющийся высокий уровень негативного антропогенного воздействия на водные объекты. В водные объекты Российской Федерации сбрасывается 52,1 куб. км в год сточных вод, из которых около 20 куб. км подлежат очистке.

Более 70 процентов сточных вод, подлежащих очистке (13,7 куб. км), сбрасываются недостаточно очищенными, почти 20 процентов (3,7 куб. км) – загрязненными без очистки и только 10 процентов (1,9 куб. км) – очищенными до установленных нормативов.

Вместе со сточными водами в поверхностные водные объекты Российской Федерации ежегодно поступает около 10–11 млн. тонн загрязняющих веществ.

Свыше 60 процентов общего объёма сброса загрязнённых сточных вод в Российской Федерации составляют сточные воды, сбрасываемые предприятиями жилищно–коммунального хозяйства. Причинами этого являются значительный износ очистных сооружений, применение устаревших технологий очистки сточных вод и прием объектами жилищно–коммунального хозяйства загрязнённых стоков городских промышленных предприятий.

Более 25 процентов общего объёма сброса загрязнённых сточных вод приходится на долю промышленных предприятий. Основными источниками загрязнения водных объектов являются предприятия, осуществляющие целлюлозно–бумажное, химическое, металлургическое производство, полиграфическую деятельность, производство кокса, нефтепродуктов, добычу металлических руд, а также предприятия угольной промышленности.

Общая площадь паводкоопасных районов на территории Российской Федерации достигает 400 тыс. кв. км, из которых ежегодно затапливаются до 50 тыс. кв. км. Затоплению подвержены отдельные территории 746 городов, в том

числе более 40 крупных, тысячи населенных пунктов с населением около 4,6 млн. человек, хозяйственные объекты и более 7 млн. га сельскохозяйственных угодий.

Паводкоопасными районами являются Приморский и Хабаровский края, Сахалинская и Амурская области, Забайкалье, Средний и Южный Урал, низовья р. Волги, Северный Кавказ, Краснодарский край, а также Западная и Восточная Сибирь.

Серьезной проблемой является абразия берегов водохранилищ. В зонах опасного разрушения берегов в России находятся 450 населенных пунктов. Основными последствиями разрушения берегов являются выведение из землепользования значительных площадей сельскохозяйственных и лесных угодий, а также развитие оползневой опасности на застроенных территориях.

Одним из наиболее распространенных проявлений негативного воздействия вод в Российской Федерации, характеризующихся значительным масштабом наносимого ущерба, является подтопление селитебных территорий и массивов земель сельскохозяйственного освоения.

Особого внимания требует решение проблем в низовьях р. Волги и бассейне р. Амура.

Одной из наиболее важных водохозяйственных задач на Нижней Волге является создание оптимального гидрологического режима ниже Волгоградского гидроузла, прежде всего в Волго–Ахтубинской пойме и дельте р. Волги.

Не менее важной задачей является создание и поддержание условий обводнения западных подstepных ильменей.

В зоне устьевого взморья р. Волги необходимо создание оптимальных условий для прохода на нерест и обратно осетровых рыб, выращивания их мальков в зоне мелководья, а также поддержание судоходных глубин на Волго–Каспийском канале и необходимых глубин на рыбоводных каналах.

Необходимы также защита застроенных берегов р. Волги от размыва и затопления, восстановление малых водотоков, поддержание судоходных глубин на отдельных участках коренного русла р. Волги, а также защита отдельных территорий от подтопления.

Сложная водохозяйственная ситуация складывается также на реках бассейна р. Амура, который традиционно относится к одним из наиболее паводкоопасных районов в России. Среди наиболее существенных факторов, влияющих на экологическое состояние рыбохозяйственных водных объектов бассейна, являются сточные воды промышленных, жилищно–коммунальных и сельскохозяйственных объектов. Ухудшение качества воды в р. Амуре обуславливает снижение рыбохозяйственного и рекреационного потенциалов. Реки бассейна р. Амура (Аргунь, Амур и Уссури) испытывают значительную антропогенную нагрузку, особенно негативное влияние оказывает строительство береговых дамб и линейных берегоукреплений, осуществляемое Китайской Народной Республикой. Указанная деятельность способствует активизации процессов размыва берегов, увеличивает неустойчивость русла и ведет к интенсивному проявлению русловых деформаций, что обуславливает риски для освоенных территорий и объектов экономики, а также для стабильности линии

государственной границы и требует адекватных мер инженерной защиты территории Российской Федерации.

					<i>ЮУрГУ–08.03.01.2017.305–04.248 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассматриваемые озера располагаются на территории Челябинской области, и входят в технологическую цепочку обработки промышленных стоков.

По общим характеристикам климат Челябинской области относится к умеренному континентальному. Температура воздуха зависит как от влияния поступающих на территорию области воздушных масс, так и от количества получаемой солнечной энергии.

Количество и распределение осадков в течение всего года определяется главным образом прохождением циклонов над территорией области. Для Челябинска годовое количество выпавших осадков равняется 439 мм.

Ветровой режим на территории области зависит от особенности размещения основных центров действия атмосферы и изменяется под влиянием орографии. В январе – мае, в основном, преобладают ветры южного и юго–западного направления со средней скоростью 3–4 м/с. При метелях максимальная скорость увеличивается до 16–28 м/с. В июне – августе ветер дует с запада и северо–запада, средняя скорость не увеличивается, но при грозах наблюдается кратковременное шквалистое усиление ветра до 16–25 м/с. В сентябре–декабре ветер поворачивает на южный и юго–западный, средняя скорость ветра составляет 3 м/с, максимальная– 18–28 м/с.

В исследуемые водные объекты сбрасываются сточные воды близлежащих предприятий. В озерах путем природной реабилитации воды предполагается окончательная очистка сточных вод.

### 2.1 Первое озеро

Озеро Первое – водоём на восточной окраине Челябинска. Площадь зеркала озера – 18,7 км<sup>2</sup>, объём – 0,145 км<sup>3</sup>, максимальная глубина – 10,5 м, средняя – 7,7 м. Котловина озера полуэллипсоидная. Берега ровные; западный и северо–западный берега относительно высоки. Островов нет. Дно выстлано плотными заиленными песками. Восточнее Первого находится озеро Второе, а Южнее находится озеро Шелюгино.

В естественном состоянии озеро имело незначительные размеры, было солёным, в засушливые годы высыхало до дна. В 1930–е годы в Первое озеро начали сбрасывать промышленные стоки. Сейчас озеро принимает стоки ЧТЗ, ТЭЦ–2, завода ЖБИ и завода шлифовальных изделий; оно используется как до разбавитель недостаточно очищенных стоков. Доля сточных вод в водном балансе достигает 86 %.

Во избежание переполнения озера в 1958 был прорыт сбросный канал в реку Миасс, который регулярно использовался до 1984. Ныне каналом пользуются только для аварийных спусков воды. Кроме того, из озера производится водозабор на технические нужды челябинских предприятий.

16 июля 2006 года челябинским МУП «ПОВВ» был зафиксирован засор на коллекторе в переулке Мамина. Он образовался из–за несанкционированного

					ЮУрГУ–08.03.01.2017.305–04.248 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

сброса строительного и бытового мусора жителями района в канализационный самотечный коллектор (пластиковые бутылки, ветошь, шины от автомобилей, доски, щебень). На ликвидацию засора понадобились сутки. При ликвидации аварии использовалась ассенизаторская машина для откачки и вывоза сточных вод. Ориентировочный объём сточных вод, попавших в озеро Первое, составил 72 м<sup>3</sup>. Порядка 80 челябинцев обратились в связи с этим инцидентом в кожно–венерологический диспансер с симптомами аллергического дерматита.

По данным городской администрации, основными загрязнителями озера Первое являются: ООО «ЧТЗ–Уралтрак»; ТЭЦ–2; ТЭЦ–3; ОАО ЧЗПСН «Профнастил».

## 2.2 Озеро Шелюгино

Озеро Шелюгино. расположено к востоку от Челябинска, близ поселка Потанино. Входит в технологическую цепочку озер, используемых для промышленного водоотведения и водопотребления (Первое – Шелюгино – Второе). Водный режим и морфометрия озера значительно преобразованы человеком. Площадь озера 5,4 км<sup>2</sup>, объём 10,7 млн. м<sup>3</sup>, глубина максимальная 3,5 м, средняя 1,7 м. В озеро в южной части впадает река Фатеевка; в северной части водоем соединен каналом с озером Вторым. Дно выстилают рыхлые темно–серые техногенные илы. Вначале 1930–х гг. на месте Шелюгино находился небольшой полужаросший водоем с обилием рыбы, окруженный переувлажненными землями. Местность носила название урочище Шелюгино.

В предвоенные и военные годы по р. Фатеевке в озеро в больших объемах сливались сточные воды. Урочище превратилось в рукотворное озеро, которое подтопило дер. Коновалово. Его воды самотеком (позже – по каналу) стали переливаться в оз. Второе. В 1950–х гг. уровень 2 озер (Второе, Шелюгино) относительно стабилизировался в результате соединения оз. Второго сбросными каналами с р. Миасс.

Водный режим и рельеф поверхности значительно изменены человеком. Так, 83,5% – доля сточных вод в общем объеме Шелюгино. От человека здесь остались тяжелые металлы, нефтепродукты и соли.

Доля сточных вод в балансе Шелюгино составляет 83,5 %. Основными источниками загрязнения – промышленные и хозяйственно–бытовые стоки.

## 2.3 Второе озеро

Озеро Второе находится в Красноармейском районе Челябинской области, восточнее Челябинска южнее Курганского шоссе. На северном берегу Второго озера находится посёлок Петровский (Петровка), на юго–западном берегу – сады «Тракторосад № 4».

Площадь озера 15,6км<sup>2</sup>; объём 81,1млн. м<sup>3</sup>; глубина максимальная 7,6м, средняя 5,2м. Берега ровные, пологие; островов нет. Котловина озера корытообразная. Дно выстилают рыхлые тёмно–серые илы.

До начала промышленного развития Челябинска озеро было меньшим по размеру, в XVIII веке площадь озера составляла 11,1 км<sup>2</sup> и пересыхало в засушливые годы. Глубина составляла около 1 м. Стоки из Челябинского промышленного узла поступали через канал из озера Шелюгино. Уже с 1937 года произошло значительное повышение уровня воды и к 1950-м гг. уровень воды поднялся настолько, что началось подтопление населённых пунктов по берегам озера. С 1951 излишки воды стали поступать в реку Миасс по специально прорытому для этой цели каналу.

#### 2.4 Экологическое состояние озёр: Первое, Второе, Шелюгино

Все три озера практически являются разбавителями сточных вод близлежащих предприятий, и по сути своей являются искусственно созданными водоемами. Многие годы озера не вызвали особого интереса для населения, но из-за расширения территории застройки, озера стали рассматриваться с рекреационной точки зрения. В связи с данными аспектами является необходимым изучить нынешнее состояние водных объектов и перспективы их развития.

Рассмотрим основные показатели загрязнений, содержащихся в водоемах.

#### 2.5 Органолептические показатели качества воды

Органолептические показатели качества воды – санитарные показатели качества объектов окружающей среды, характеризующие наличие или степень выраженности у них определенных органолептических свойств.

К числу органолептических показателей относятся запах, привкус (вкус), цветность и мутность воды. Наличие запахов и привкусов обусловлено присутствием растворенных в воде газов, минеральных солей, органических веществ, жизнедеятельностью микроорганизмов. Существуют определенные методики и нормы определения этих показателей.

Метод определения состояния водного объекта путем непосредственного осмотра его. При органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока и часто свидетельствующие о его загрязнении: гибель рыбы и других водных организмов, растений, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и пр.

Запах воды характеризуется видами запаха и интенсивностью запаха. Интенсивность запаха воды измеряется в баллах. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. На запах воды оказывают влияние

состав веществ, температура, значения рН, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д.

Цветность. Цветность является важным физико–химическим показателем качества питьевой воды, от которой зависят ее органолептические свойства.

Цветность воды обычно обусловлена присутствием окрашенного органического вещества (главным образом гуминовых и фульвовых кислот, связанных с гумусом почвы). На цветность воды сильно влияет присутствие железа и других металлов в виде естественных примесей или в качестве продуктов коррозии. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п.

Цветность может быть обусловлена загрязнением источника водоснабжения промышленными стоками, что может служить первым признаком возникновения опасной ситуации.

Цветностью называется условно принятая количественная характеристика для описания цвета природной и питьевой воды, имеющей незначительную естественную окраску. Цветность является косвенным показателем количества содержащихся в воде растворенных органических веществ. Измерение цветности природных вод необходимо для правильного выбора технологии водоподготовки.

Различают "истинный цвет", обусловленный только растворенными веществами, и "кажущийся" цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной рН.

Цветность воды выражается в градусах цветности. Цветность природных вод колеблется от единиц до тысяч градусов. Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 20 градусов по хром–кобальтовой шкале [3].

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

Прозрачность. Прозрачность (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т.е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ. Воду в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабо опалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (как правило, шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в сантиметрах с указанием способа измерения. Ослабление в мутной воде интенсивности света с глубиной приводит к большему поглощению солнечной энергии вблизи поверхности. Появление более теплой воды у поверхности уменьшает перенос кислорода из воздуха в воду, снижает плотность воды,



стабилизирует стратификацию. Уменьшение потока света также снижает эффективность фотосинтеза и биологическую продуктивность водоема. Определение прозрачности воды – обязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

Водородный показатель характеризует концентрацию свободных ионов водорода в воде.

Для удобства отображения был введен специальный показатель, названный рН и представляющий собой логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком, т.е.  $pH = -\log[H^+]$ .

Если говорить проще, то величина рН определяется количественным соотношением в воде ионов  $H^+$  и  $OH^-$ , образующихся при диссоциации воды. Если в воде пониженное содержание свободных ионов водорода ( $pH > 7$ ) по сравнению с ионами  $OH^-$ , то вода будет иметь щелочную реакцию, а при повышенном содержании ионов  $H^+$  ( $pH < 7$ ) – кислую. В идеально чистой дистиллированной воде эти ионы будут уравнивать друг друга. В таких случаях вода нейтральна и  $pH = 7$ . При растворении в воде различных химических веществ этот баланс может быть нарушен, что приводит к изменению уровня рН.

Таблица 2.1 – Органолептические показатели природных вод

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа $\pm \Delta, \text{мг/дм}^3$		
		природная вода (стоки, поступающие в озеро Шелюгино)	природная вода (стоки, поступающие в 1 <sup>ое</sup> озеро)	природная вода (стоки, поступающие в 2 <sup>ое</sup> озеро)
1	2	3	4	5
1	Водородный показатель	$8,0 \pm 0,2$	$8,7 \pm 0,2$	$8,3 \pm 0,2$
2	Температура, °С	$20 \pm 0,1^\circ\text{C}$	$21 \pm 0,1^\circ\text{C}$	$20 \pm 0,1^\circ\text{C}$
3	Запах, балл	$2 \pm 1$	$3 \pm 1$	$2 \pm 1$
4	Прозрачность, см	$30 \pm 3$	$30 \pm 3$	$30 \pm 3$
5	Цветность, град	$20 \pm 4$	$25 \pm 5$	$23 \pm 5$

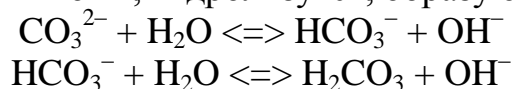
## 2.6 Обобщенные показатели качества воды

Щелочность. Этот параметр намеряет способность раствора не изменять значение рН при добавлении кислоты.

Различают следующие формы щелочности воды: бикарбонатная (гидрокарбонатная), карбонатная, гидратная, фосфатная, силикатная, гуматная в зависимости от анионов слабых кислот, которыми обуславливается щелочность. Щелочность природных вод, рН которых обычно < 8,35, зависит от присутствия в воде бикарбонатов, карбонатов, иногда и гуматов.

Щелочность других форм появляется в процессах обработки воды. Так как в природных водах почти всегда щелочность определяется бикарбонатами, то для таких вод общую щелочность принимают равной карбонатной жесткости.

Под щелочностью природных или очищенных вод понимают способность некоторых их компонентов связывать эквивалентное количество сильных кислот. Щелочность обусловлена наличием в воде анионов слабых кислот (карбонатов, гидрокарбонатов, силикатов, боратов, сульфитов, гидросульфитов, сульфидов, гидросульфидов, анионов гуминовых кислот, фосфатов). Их сумма называется общей щелочностью. Ввиду незначительной концентрации трех последних ионов общая щелочность воды обычно определяется только анионами угольной кислоты (карбонатная щелочность). Анионы, гидролизуясь, образуют гидроксид-ионы:



Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для нейтрализации 1 дм<sup>3</sup> воды. Щелочность большинства природных вод определяется только гидрокарбонатами кальция и магния, рН этих вод не превышает 8,3.

Нефть и нефтепродукты относятся к числу наиболее распространённых токсичных веществ, вызывающих техногенное загрязнение водных объектов, донных отложений и почв, что влечет за собой тяжелые экологические последствия. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах) под нефтепродуктами понимаются неполярные и малополярные углеводороды (алифатические, ароматические, ациклические), составляющие главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов её переработки. В соответствии с ГОСТ 17.4.1.02–83 нефть и нефтепродукты относятся к первому классу опасности – вещества высокоопасные. Основными источниками загрязнения поверхностных вод нефтепродуктами являются сточные воды предприятий нефтеперерабатывающей, химической, металлургической промышленности, хозяйственно–бытовые сточные воды, а также транспорт. Нефтепродукты находятся в различных миграционных формах: растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности.

Попадающие в водоемы стоки, содержащие нефтепродукты, вызывают появление у воды запаха и привкуса керосина, образование пленки или масляных пятен на ее поверхности и отложений тяжелых нефтепродуктов на дне водоемов. Пленка нефтепродуктов нарушает процесс газообмена и препятствует проникновению в воду световых лучей, загрязняет берега и прибрежную растительность.

Попавшие в водоем нефтепродукты в результате биохимического окисления постепенно разлагаются на углекислоту и воду. Однако этот процесс протекает медленно и зависит от количества, растворенного в воде кислорода, температуры воды и количества микроорганизмов в ней. В летнее время пленка нефтепродуктов разлагается на 50...80% в течение 5...7 дней, при температуре ниже +10°C процесс разложения идет более длительно, а при +4 °С разложения вообще не происходит.

Донные отложения нефтепродуктов удаляются еще более медленно и становятся источником вторичного загрязнения воды.

Наличие в воде нефтепродуктов делает воду непригодной для питья. Особенно большой ущерб наносится рыбному хозяйству. Рыбы наиболее чувствительны к изменению химического состава воды и к попаданию в нее нефтепродуктов в эмбриональном периоде. Нефтепродукты, попадающие в водоем, приводят также к гибели планктона – важной составляющей кормовой базы рыб.

От загрязнения водоемов нефтепродуктами страдают также водоплавающие птицы. В первую очередь повреждаются оперение и кожа птиц. При обильном поражении птицы погибают.

Взвешенные твердые вещества, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и других микроорганизмов. Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами и с режимом стока и зависит от таяния снега, пород, слагающих русло, а также от антропогенных факторов, таких как сельское хозяйство, горные разработки и т.п. Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды и на проникновение в нее света, на температуру, растворенные компоненты поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования. Вода, в которой много взвешенных частиц, не подходит для рекреационного использования по эстетическим соображениям. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно–питьевого и культурно–бытового назначения содержание взвешенных веществ в результате спуска сточных вод не должно увеличиваться соответственно более чем на 0,25 мг/дм<sup>3</sup> и 0,75 мг/дм<sup>3</sup>. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/дм<sup>3</sup> природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в воде в пределах 5% . Определение количества взвешенных частиц важно проводить при контроле процессов биологической и физико–химической обработки сточных вод и при оценке состояния природных водоемов. Грубодисперсные примеси определяют гравиметрическим методом после их отделения путем фильтрования через фильтр "синяя лента" (преимущественно для проб с прозрачностью менее 10 см).

Окисляемость – это величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых (при определенных условиях) одним из сильных химических окислителей.

Выражается этот параметр в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление этих веществ, содержащихся в 1 дм<sup>3</sup> воды.

Различают несколько видов окисляемости воды: перманганатную, бихроматную, иодатную, цериевую. Наиболее высокая степень окисления достигается бихроматным и иодатным методами. В практике водоочистки для природных малозагрязненных вод определяют перманганатную окисляемость, а в более загрязненных водах – как правило, бихроматную окисляемость (называемую также ХПК – "химическое потребление кислорода").

Окисляемость является комплексным параметром, позволяющим оценить общее загрязнение воды органическими веществами.

Органические вещества, находящиеся в воде весьма разнообразны по своей природе и химическим свойствам. Их состав формируется как под влиянием внутри водоемных биохимических процессов, так и за счет поступления поверхностных и подземных вод, атмосферных осадков, промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Величина окисляемости природных вод может варьироваться в широких пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов  $O_2$  на литр воды. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость (а значит и более "богаты" органикой) по сравнению с подземными. Так, горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2–3 мг  $O_2/дм^3$ , реки равнинные – 5–12 мг  $O_2 /дм^3$ , реки с болотным питанием – десятки миллиграммов на 1  $дм^3$ . Подземные же воды имеют в среднем окисляемость на уровне от сотых до десятых долей миллиграмма  $O_2 /дм^3$  (исключения составляют воды в районах нефтегазовых месторождений, торфяников, в сильно заболоченных местностях).

Жесткость воды, совокупность свойств воды, обусловленная наличием в ней катионов  $Ca^{2+}$  (кальциевая жесткость воды) и  $Mg^{2+}$  (магниевая жесткость воды).

Общая жесткость. Определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния. Представляет собой сумму карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости.

Карбонатная жесткость. Карбонатная жесткость обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов кальция и магния. Данный тип жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью. При нагреве воды гидрокарбонаты распадаются с образованием угольной кислоты и выпадением в осадок карбоната кальция и гидроксида магния.

Некарбонатная жесткость. Обусловлена присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется (постоянная жесткость).

Таблица 2.2 –Обобщенные показатели природных вод

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа $\pm \Delta$ , мг/дм <sup>3</sup>		
		природная вода (стоки, поступающие в озеро Шелюгино)	природная вода (стоки, поступающие в 1 <sup>ое</sup> озеро)	природная вода (стоки, поступающие в 2 <sup>ое</sup> озеро)
1	2	3	4	5
1	Щелочность, мг– экв./л	4,2 $\pm$ 0,7	3,5 $\pm$ 0,6	3,8 $\pm$ 0,6
2	Нефтепродукты	0,08 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,05	0,10 $\pm$ 0,04
3	Взвешенные вещества	5,5 $\pm$ 1,4	10 $\pm$ 3	7,4 $\pm$ 2,1
4	Окисляемость перманганатная, мг/л	6,7 $\pm$ 0,6	8,8 $\pm$ 0,7	7,1 $\pm$ 0,7
5	Жесткость, мг–экв./л	8,5 $\pm$ 0,6	7,3 $\pm$ 0,6	8,3 $\pm$ 0,5
6	АПАВ	0,095 $\pm$ 0,03	0,06 $\pm$ 0,02	0,084 $\pm$ 0,02

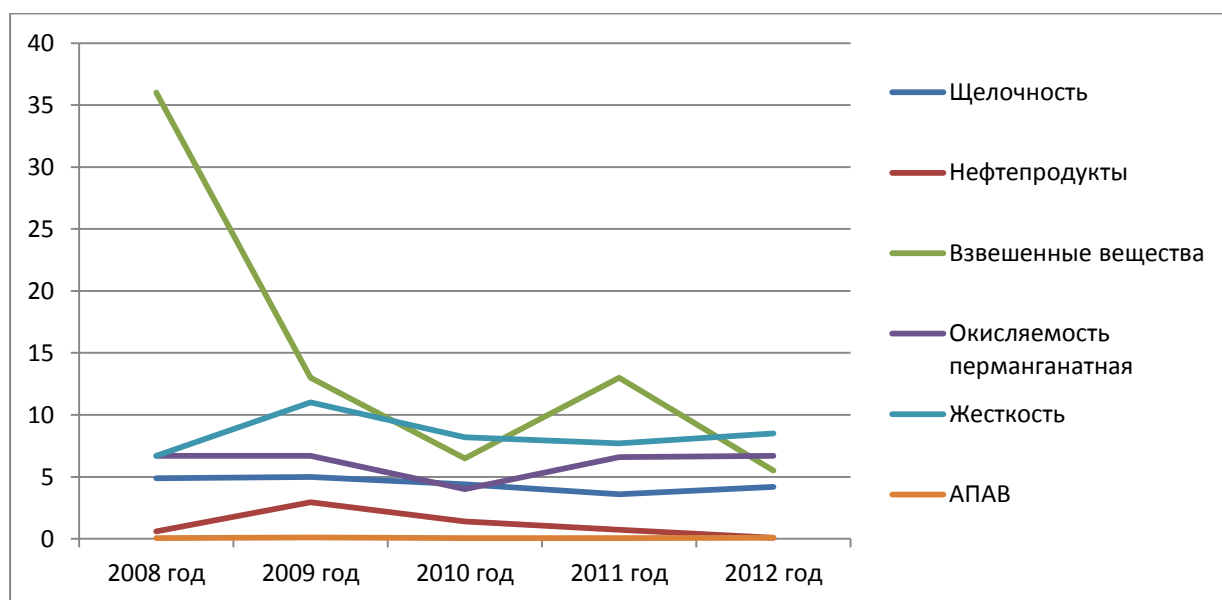


Рисунок 2.1 –График изменения обобщенных показателей качества воды по годам, Озеро Шелюгино

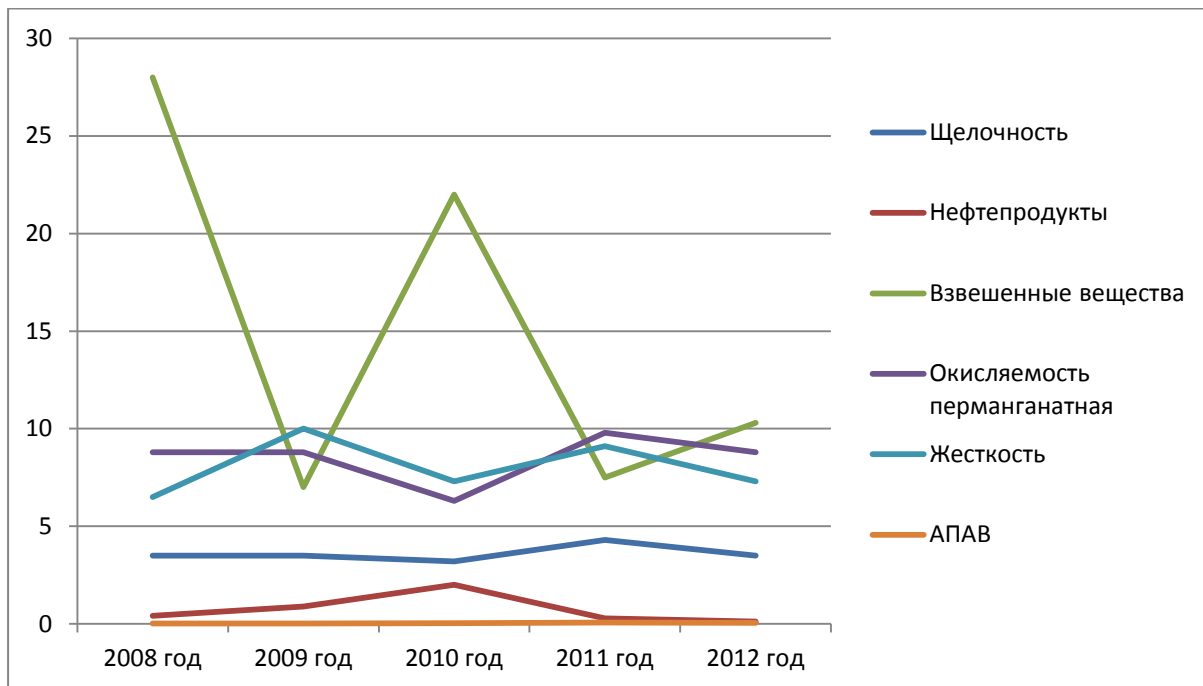


Рисунок 2.2 – График изменения обобщенных показателей качества воды по годам, Первое озеро

### 3 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СХЕМЕ ПРОМВОДОСНАБЖЕНИИ Г.ЧЕЛЯБИНСКА И КОПЕЙСКА

#### 3.1 Задачи исследований

Рассматриваемая глава имеет целью осветить состояние комплекса вопросов работы в целом, дать характеристику системы озер, являющихся главным звеном в разрабатываемой системе оборотного водоснабжения, а так же ставит основные задачи исследований всей работы.

#### 3.2 Состояние вопроса по разрабатываемой схеме промводоснабжения

Схемой водоснабжения и канализации Челябинского промрайона, выполненной Ленинградским отделением Водоканалпроекта (1966–87гг.) и согласованной с Госпланом РСФСР, предусмотрено часть дефицита воды по Челябинскому промышленному району снизить за счет повторного использования очищенных бытовых и промышленных сточных вод ряда предприятий Челябинска и Копейска после их доочистки в системе озер Шелюгино, Второе, Первое.

Предоставленная работа является завершающей частью комплексных исследований и разработок по системе оборотного водоснабжения Челябинского промышленного района.

Работа проводилась в три основных этапа.

В результате исследований первого этапа была установлена принципиальная возможность осуществления и работы системы оборотного водоснабжения. При этом выяснилось, что требуется более глубокая и тщательная проработка качественной и количественной характеристики составляющих водного баланса по предприятиям, а также водного баланса систем озер.

Второй этап работы был направлен на решение вопросов, возникших в результате предварительных проработок по первому этапу.

Третий этап являлся завершающим.

На основании результатов работ второго этапа исследований заказчика (Харьковский Водоканалпроект) была составлена уточненная схема водного баланса рассматриваемой системы, которая и была принята как исходный материал для окончательных научно–исследовательских разработок.

#### 3.3 Основные направления исследований в работе

Материалы имеющиеся по теме на начало 1971 года, касаются отдельных сторон работы и требуют своего дальнейшего развития и обобщения; уточненная схема водного баланса является чисто принципиальной, так как не учитывает всего многообразия факторов и особенностей, позволяющих представить работу

системы в целом последствий ее влияния и воздействия на естественное состояние окружающей природной среды.

На основании вышеизложенного, с целью детального и комплексного решения всех необходимых вопросов, касающихся создания и работы системы оборотного водоснабжения, основными задачами проведенной работы являются:

- 1) Выбор, обоснование и комплексное изучение реально возможных вариантов системы.
- 2) Решение ряда вопросов гидробиологии, гидравлики и самоочищающей способности озер по вариантам.
- 3) Расчеты ПДК лимитирующих веществ в стоках, поступающих в систему.
- 4) Обеспечение необходимых требований к качеству воды, идущей на повторное использование и на сброс в р.Миасс.
- 5) Выбор и обоснование оптимального варианта системы.
- 6) Наряду с основными задачами исследований всей работы, потребовалось решить ряд вспомогательных задач.

### 3.4 Условия работы изучаемой системы оборотного водоснабжения

Главными положениями, которым должна отвечать работа данной системы являются:

Качество воды в системе перед повторным использованием должно соответствовать определенным требованиям.

Качество воды, сбрасываемой из системы в р.Миасс должно соответствовать требованиям, предъявляемым по качеству стоков, сбрасываемых в водоем.

Рассматривая работу систему оборотного водоснабжения в целом, необходимо учитывать, что основным критерием ее работы должно быть приемлемое качество воды для повторного использования при соответствующем качестве продувочной воды, сбрасываемой в р.Миасс; качество воды в системе озер является важным, однако, не решающим фактором работы системы, так как озера предполагается использовать как активную составляющую часть системы и они теряют значение как самостоятельные водоемы. При этом необходимо иметь в виду, что озера Первое, Второе, Шелюгино являются искусственными водоемами, возникшими за счет сброса сточных вод, и не могут по этой причине относиться к природным водоемам, подлежащим особой санитарной охране. В противном случае их использование для доочистки сточных вод теряет смысл.

### 3.5 Водный баланс системы озер

Гидравлические элементы озер Первое, Второе и Шелюгино приведены в таблице 3.1.

Составляющие водного баланса озер на 1971 год по уточненным данным приведены в таблице 3.2.



Таблица 3.1 – Гидравлические элементы озер по материалам съемки 1969–1970гг.

№ п/п	Наименование элемента и единица измерения	оз.Первое	оз.Второе	оз.Шелюгино
1	Отметка горизонта воды, м	203,89	198,98	199,34
2	Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	18,7	15,6	5,38
3	Объем озера, млн. м <sup>3</sup>	145,2	80,7	10,7
4	Средняя глубина, м	7,6	5,2	2,0
5	Наибольшая длина озера, км	6,2	5,4	2,8
6	Наибольшая ширина, км	3,9	3,8	2,3
7	Наибольшая глубина, м	10,1	7,6	3,8
8	Длина береговой линии, км	16,5	19,3	9,4
9	Коэффициент извилист.берег. линии	1,08	1,37	1,14

Как видно из таблицы, объем подземных вод, поступающих в озера Первое, Второе незначителен (всего по 0,2 млн. м<sup>3</sup>/год). Фильтрация вод наблюдается только из озера Первого и также относительно невелика (0,2 млн. м<sup>3</sup>/год).

Таблица 3.2 – Составляющие водного баланса озер (10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>/год)

№ п/п	Наименование составляющих	оз.Первое	оз.Второе	оз.Шелюгино
1	Поверхностный приток	0,8	2,0	0,4
2	Осадки	9,0	7,5	2,6
3	Подземный приток	0,2	0,2	отс.
4	Фильтрация	0,2	отс.	отс.
5	Испарение	10,1	9,0	3,0
6	Промстоки в озеро Первое	22,0	–	–
7	Промстоки в озеро Шелюгино	–	–	29,29
8	Забор на хоз. нужды и орошение	4,5	–	–

### 3.6 Химический состав воды озер

Сухой остаток. Общее количество веществ (кроме газов), содержащихся в воде в растворенном состоянии, характеризуется сухим остатком, получаемых в результате выпаривания профильтрованной воды и высушивания задержанного остатка до постоянной массы. В воде, используемой для хозяйственно–питьевых целей, сухой остаток не должен превышать 1000 мг/л в особых случаях – 1500 мг/л. Общее солесодержание и сухой остаток характеризуют минерализацию (содержание растворенных солей в воде).

Сухой остаток характеризует содержание в воде нелетучих растворенных веществ (главным образом минеральных) и органических веществ, температура кипения которых превышает 105–110°С. Сухой остаток определяют гравиметрическим и расчетным методами. Перед определением сухого остатка пробу необходимо фильтровать либо отстаивать для отделения от взвешенных веществ.

Содержание соединений железа. Железо может встречаться в природных водах в следующих видах: Истинно растворённом виде (двухвалентное железо, прозрачная бесцветная вода) Нерастворённом виде (трёхвалентное железо, прозрачная вода с коричневато-бурым осадком или ярко выраженными хлопьями) Коллоидном состоянии или тонкодисперсной взвеси (окрашенная желтовато-коричневая опалесцирующая вода, осадок не выпадает даже при длительном отстаивании)

Железоорганика – соли железа и гуминовых и фульвокислот (прозрачная желтовато-коричневая вода)

Железобактерии (коричневая слизь на водопроводных трубах)

Значительные количества железа поступают в водоемы со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками. Очень важен анализ на содержание железа для сточных вод. Концентрация железа в воде зависит от рН и содержания кислорода в воде.

Медь, цинк, кадмий, свинец, мышьяк, никель, хром и ртуть преимущественно попадают в источники водоснабжения со стоками промышленных вод. Медь и цинк могут также попадать при коррозии соответственно оцинкованных и медных водопроводных труб из-за повышенного содержания агрессивной углекислоты.

Все вышеперечисленные соединения относятся к тяжёлым металлам и обладают кумулятивным действием, то есть свойством накапливаться в организме и срабатывать при превышении определённой концентрации в организме.

Фосфаты обычно присутствуют в воде в небольшом количестве, поэтому их присутствие указывает на возможность загрязнения промышленными стоками или стоками с сельскохозяйственных полей. Повышенное содержание фосфатов оказывает сильное влияние на развитие сине-зелёных водорослей, выделяющих токсины в воду при отмирании. Химические показатели природных вод приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Химические показатели природных вод

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа $\pm \Delta$ , мг/дм <sup>3</sup>		
		природная вода (стоки, поступающие в озеро Шелюгино)	природная вода (стоки, поступающие в 1 <sup>ое</sup> озеро)	природная вода (стоки, поступающие в 2 <sup>ое</sup> озеро)
1	2	3	4	5
1	Сухой остаток	625 $\pm$ 47	702 $\pm$ 53	635 $\pm$ 35
2	Железо общее	0,50 $\pm$ 0,08	0,35 $\pm$ 0,05	0,48 $\pm$ 0,03

## Окончание таблицы 3.3

1	2	3	4	5
3	Хром общий	<0,01	< 0,01	< 0,01
4	Цинк	0,023 ± 0,009	0,018 ± 0,007	0,19±0,005
5	Медь	0,009 ± 0,002	0,007± 0,002	0,007±0,002
6	Никель	0,0095 ± 0,003	0,008 ± 0,002	0,009±0,002
7	Марганец	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,007±0,1
8	Кобальт	0,015 ± 0,002	0,017 ± 0,003	0,16±0,001
9	Сульфат–ион	120 ±15	160 ± 20	130±15
10	Хлорид–ион	102 ± 9	145 ± 12	138±10
11	Кальций	82 ± 6	76 ± 5	78±5
12	Нитрит ион	0,020 ± 0,004	< 0,02	0,01±0,004
13	Нитрат ион	1,9 ± 0,3	0,32 ± 0,05	0,95±0,1
14	Фосфат ион	0,41 ± 0,05	< 0,05	0,23±0,03
15	Фосфат ион (по Р)*	0,13 ± 0,01	< 0,05	< 0,05
16	Аммония ион	1,0 ± 0,3	0,17 ± 0,05	0,87±0,09
17	Азот аммония	0,8 ±0,2	0,15 ± 0,04	0,9±0,03
18	Растворенный кислород	4,2 ± 0,4	7,2 ± 0,6	5,8±0,3
19	БПК <sub>5</sub>	1,3 ± 0,3	3,0 ± 0,7	1,5±0,4
20	Сероводород и сульфиды	< 0,05	< 0,05	< 0,05
21	Алюминий	< 0,04	< 0,04	< 0,04

Физико–химический состав воды озер Первое, Второе и Шелюгино исследовался в течение 1971 года. Пробы отбирались в заранее намеченных створах на разных глубинах в феврале, апреле, июне, июле и сентябре месяцах 1971 года. Анализ полученных данных показывает, что химический состав проб воды озер, отобранных в разных точках и на разных глубинах в летнее время незначительно отличается друг от друга. Это обстоятельство вызвано, по-видимому, хорошим ветровым перемешиванием воды озер, что подтверждается и исследованиями УралНИИВХ. Следовательно, для характеристики химического состава воды озер в летнее время можно воспользоваться составом средней пробы воды каждого озера. Химический состав средних проб воды озер приведен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Химический состав воды озер Первое, Второе и Шелюгино (по средним пробам)

№ п/п	Наименование показателей	оз.Первое	оз.Второе	оз.Шелюгино
1	Дата отбора пробы	17.06.71	24.06.71	9.07.71
2	рН	8,5	8,25	8,68
3	Кальций, мг/л	70,7	90,3	81,4
4	Магний, мг/л	40,5	40,5	28,5
5	Хлориды, мг/л	188,2	176,4	152,9
6	Сульфаты, мг/л	243,7	277,0	243,6
7	Бикарбонаты, мг/л	236,4	219,6	207,4

### Окончание таблицы 3.4

1	2	3	4	5
8	Натрий+калий, мг/л	168,9	148,4	145,8
9	Минерализация, мг/л	948,4	952,2	859,8
10	Азот аммиака, мг/л	0,91	0,05	2,48
11	Азот нитратов, мг/л	0,1	н/о	0,05
12	Азот нитритов, мг/л	0,01	н/о	0,009
13	Окисляемость, мг/л	7,32	9,43	7,04
14	Фтор, мг/л	1,8	1,9	4,8
15	Железо общее, мг/л	н/о	0,13	0,22
16	Медь, мг/л	н/о	н/о	н/о
17	Цинк, мг/л	0,02	0,22	н/о
18	Фосфаты, мг/л	0,008	н/о	0,01

Как видно из таблицы наибольшая минерализация воды озера Второго – 952,2 мг/л; озера Первого – 948,3 мг/л; озера Шелюгино – 859,8 мг/л. Кроме того следует отметить, что содержание фтора в воде озер превышает предельно допустимую концентрацию фтора в воде водоемов санитарно–бытового водоснабжения (1,5 мг/л). В воде озера Первого содержание фтора – 1,8 мг/л, озера Второго – 1,9 мг/л, озера Шелюгино – 4,8 мг/л.

### 3.7 Нормирование ПДК в водных объектах

Наиболее значимым показателем, характеризующим воздействие вредных (опасных) химических веществ на окружающую среду вообще и человека, в частности, является предельно допустимая концентрация этих веществ ПДК.

Вредные вещества, содержащиеся в сточных водах промышленных предприятий и организаций, сбрасываемых в водные объекты (водоемы), характеризуются ПДК (допустимыми концентрациями ДК). Среди этих показателей рассмотрим два: ПДКв и ПДКрх.

ПДКв (мг/л) предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования – концентрация химического вещества в воде, при превышении которой вода становится непригодной для этого вида водопользования.

ПДКрх (мг/л) предельно допустимая концентрация вещества в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения – экспериментально установленное максимально допустимое содержание в водном объекте вредного вещества, при котором не возникают последствия, снижающие его рыбохозяйственную ценность или затрудняющие его рыбохозяйственное использование.

Исходя из различия в целях водопотребления и в требованиях разных потребителей воды к качеству водоемов, существуют как гигиенические, так и экологические нормативы для одних и тех же химических загрязнителей воды.

Гигиенические ПДК – максимальные концентрации веществ, при которых они еще не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние

здоровья населения (при воздействии на организм человека в течение всей жизни), а гигиенические условия водопользования при этом не ухудшаются. Гигиенические нормативы регламентируют содержание загрязняющих веществ только в тех водоемах, которые используются для хозяйственно–питьевых и культурно–бытовых целей, включая рекреационное водопользование, и не на всем протяжении водоема или в местах выпуска сточных вод, а только у пунктов водопользования населения, ближайших от выпуска стоков. Различают две категории хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования: к первой категории относится использование водного объекта в качестве источника хозяйственно–питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второй категории – использование водных объектов для культурно–бытовых целей населения, рекреации и спорта.

Появление новых источников загрязнения и расширение их географии привели к развитию самостоятельной системы рыбохозяйственных (экологических) ПДК, направленных на охрану водоемов как базы для организованного рыбоводства и рыболовства. Различают две категории рыбохозяйственного водопользования: к первой категории относится использование водного объекта для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду; ко второй – использование водного объекта для промысловой добычи рыбы и других водных животных и растений.

Если водоем используется для рыбохозяйственных целей и водоснабжения населения, ориентируются на наиболее жесткий норматив.

При отнесении водного объекта к определенной категории органы Госкомрыболовства руководствуются постановлением Совета Министров СССР № 1045 от 15.09.1958 г., по которому: "Все водоемы и их придаточные воды, которые используются или могут быть использованы для промысловой добычи рыбы и других водных животных и растений или имеют значение для воспроизводства запасов промысловых рыб, считаются рыбохозяйственными водоемами". Таким образом, в соответствии с таким неоправданно расширительным определением все поверхностные водоемы такой огромной страны, как Россия, отнесены к водоемам рыбохозяйственного пользования, то есть как бы предполагается, что во всех поверхностных водоемах России сохраняются и воспроизводятся ценные виды рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду, или они используются для промысловой добычи рыбы и других водных животных и растений. Получается, что во всех случаях поверхностная вода должна контролироваться по ПДК для рыбохозяйственных водоемов (ПДК РХ). Данные по нормам сброса сточных вод в водоем рыбохозяйственного назначения приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5–Нормативы сброса сточных вод в водоем рыбохозяйственного назначения

№ п/п	Наименование показателя	Норматив ПДК очищенной сточной воды, поступающей в водоем рыбохозяйственного назначения.
1	Водородный показатель	pH 6,0–9,0
2	Нитраты	9 мг/дм <sup>3</sup>
3	Железо	0,1 мг/дм <sup>3</sup>
4	Сульфаты	100 мг/дм <sup>3</sup>
5	Хлориды	300 мг/дм <sup>3</sup>
6	СПАВ	0,5 мг/дм <sup>3</sup>
7	Нефтепродукты	0,05 мг/дм <sup>3</sup>
8	Аммоний (по азоту)	0,4 мг/дм <sup>3</sup>
9	Аммоний–ион	0,5 мг/дм <sup>3</sup>
10	Нитриты	0,2 мг/дм <sup>3</sup>
11	БПК полн.	3 мг/дм <sup>3</sup>
12	Фосфат–ион	0,2 мг/дм <sup>3</sup>
13	Фосфаты по (P)	1–2 мг/дм <sup>3</sup>
14	Щелочность	pH 7–9
15	Взвешенные вещества	10 мг/дм <sup>3</sup>
16	Алюминий	0,04 мг/дм <sup>3</sup>
17	Барий	0,74 мг/дм <sup>3</sup>
18	Медь	0,001 мг/дм <sup>3</sup>
19	Ртуть	отсутствие
20	Свинец	0,1 мг/дм <sup>3</sup>
21	Фенол	0,001 мг/дм <sup>3</sup>
22	Фториды	0,75 мг/дм <sup>3</sup>
23	Хром	0,07 мг/дм <sup>3</sup>
24	Цинк	0,01 мг/дм <sup>3</sup>
25	Взвешенные вещества	10 мг/дм <sup>3</sup>

Нормативы ПДК утверждены Приказом комитета РФ по рыболовству ПРИКАЗ от 18 января 2010 г. N 20

### 3.8 Сводная таблица состояния водных объектов

Объединив предыдущие два пункта и сделав сводную таблицу, охарактеризуем состояние изучаемых водоемов таблица 3.6.

Таблица 3.6–Сводная таблица состояния водных объектов

№п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа мг/дм <sup>3</sup>			Норматив качества
		природная вода (стоки, поступающие в озеро Шелюгино)	природная вода (стоки, поступающие в 1 <sup>ое</sup> озеро)	природная вода (стоки, поступающие в 2 <sup>ое</sup> озеро)	
1	2	3	4	5	6
1	Водородный показатель	8,0 ± 0,2	8,7 ± 0,2	8,3 ± 0,2	6,5–8,5
2	Температура, °С	20 ± 0,1°С	21 ± 0,1°С	20 ± 0,1°С	
3	Запах, балл	2 ± 1	3 ± 1	2 ± 1	
4	Прозрачность, см	30 ± 3	30 ± 3	30 ± 3	
5	Цветность, град	20 ± 4	25 ± 5	23 ± 5	
6	Щелочность, мг–экв./л	4,2 ± 0,7	3,5 ± 0,6	3,8 ± 0,6	
7	Нефтепродукты	0,08 ± 0,03	0,12 ± 0,05	0,10 ± 0,04	0,05
8	Взвешенные вещества	5,5 ± 1,4	10 ± 3	7,4 ± 2,1	0,75 к фону
9	Сухой остаток	625 ± 47	702 ± 53	635 ± 35	1000
10	Железо общее	0,50 ± 0,08	0,35 ± 0,05	0,48 ± 0,03	0,1
11	Хром общий	<0,01		< 0,01	< 0,01
12	Цинк	0,023 ± 0,009	0,018 ± 0,007	0,19 ± 0,005	0,01
13	Медь	0,009 ± 0,002	0,007 ± 0,002	0,007 ± 0,002	0,001
14	Никель	0,0095 ± 0,003	0,008 ± 0,002	0,009 ± 0,002	0,01
15	Марганец	0,08 ± 0,02	0,06 ± 0,01	0,007 ± 0,1	0,01

## Окончание таблицы 3.6

1	2	3	4	5	6
16	Кобальт	0,015 ± 0,002	0,017 ± 0,003	0,16±0,001	0,01
17	Сульфат–ион	120 ±15	160 ± 20	130±15	100
18	Хлорид–ион	102 ± 9	145 ± 12	138±10	300
19	Жесткость, ммоль/дм <sup>3</sup>	8,5 ± 0,6	7,3 ± 0,6	8,3±0,5	
20	Кальций	82 ± 6	76 ± 5	78±5	180
21	АПАВ	0,095 ± 0,03	0,06 ± 0,02	0,084±0,02	0,5
22	Нитрит ион	0,020 ± 0,004	< 0,02	0,01±0,004	0,08
23	Нитрат ион	1,9 ± 0,3	0,32 ± 0,05	0,95±0,1	40
24	Фосфат ион	0,41 ± 0,05	< 0,05	0,23±0,03	
25	Фосфат ион (по Р)	0,13 ± 0,01	< 0,05	< 0,05	0,2 (Р)
26	Аммония ион	1,0 ± 0,3	0,17 ± 0,05	0,87±0,09	0,5
27	Азот аммония	0,8 ±0,2	0,15 ± 0,04	0,9±0,03	0,4
28	Растворенный кислород	4,2 ± 0,4	7,2 ± 0,6	5,8±0,3	Не менее 4,0
29	Окисляемость перманганатная	6,7 ± 0,6	8,8 ± 0,7	7,1±0,7	не норм.
30	БПК <sub>5</sub>	1,3 ± 0,3	3,0 ± 0,7	1,5±0,4	3,0
31	Сероводород и сульфиды	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,005 в пересчете на S <sup>2-</sup>
32	Алюминий	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04



Результаты производственного контроля природной воды водного объекта, озеро Шелюгино показали превышение установленных нормативов по следующим показателям: – железо общее, цинк, медь, марганец, кобальт, сульфат ионы, нефтепродукты, ионы аммония.

В Первом озере превышение по: нефтепродуктам; взвешенным веществам; содержанию цинка; меди; содержанию марганца; кобальту; сульфат ионы.

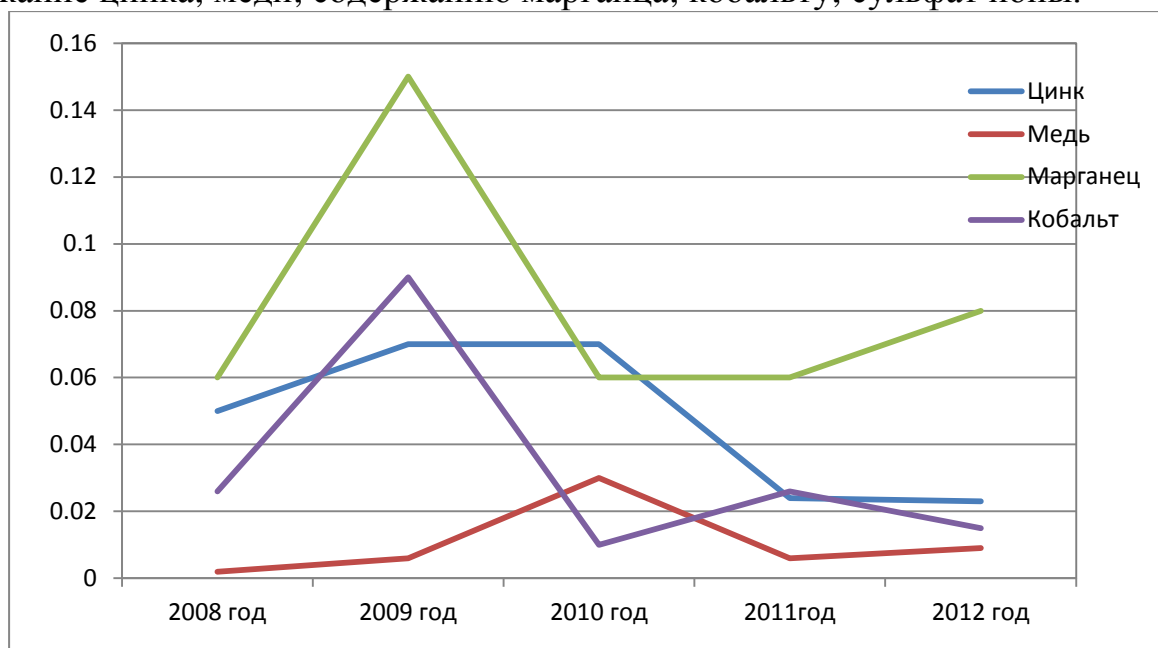


Рисунок 3.1–График изменения количества загрязнений, превышающих ПДК, озеро Шелюгино

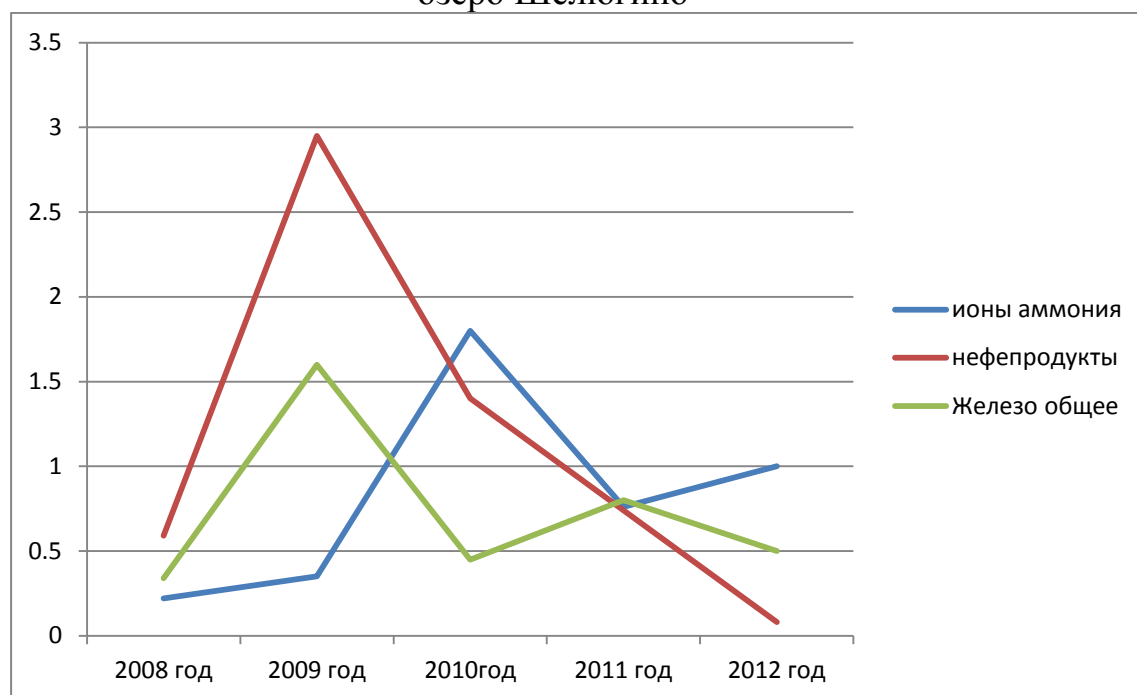


Рисунок 3.2 –График изменения количества загрязнений, превышающих ПДК, озеро Шелюгино

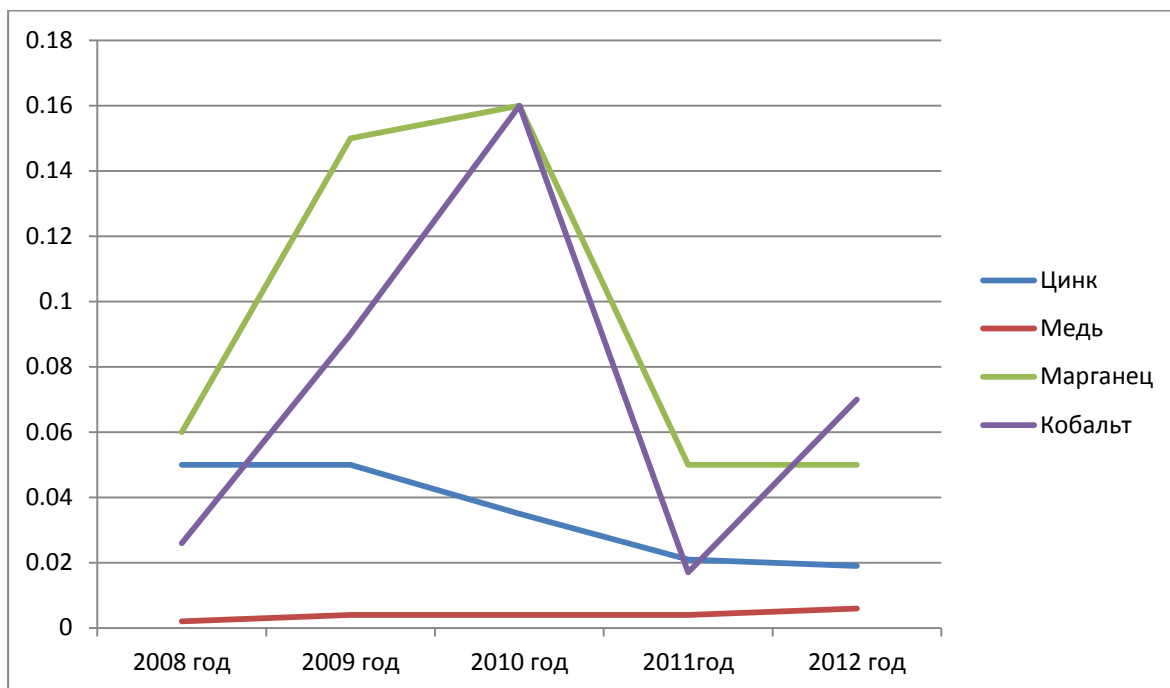


Рисунок 3.3 –График изменения количества загрязнений, превышающих ПДК, озеро Первое

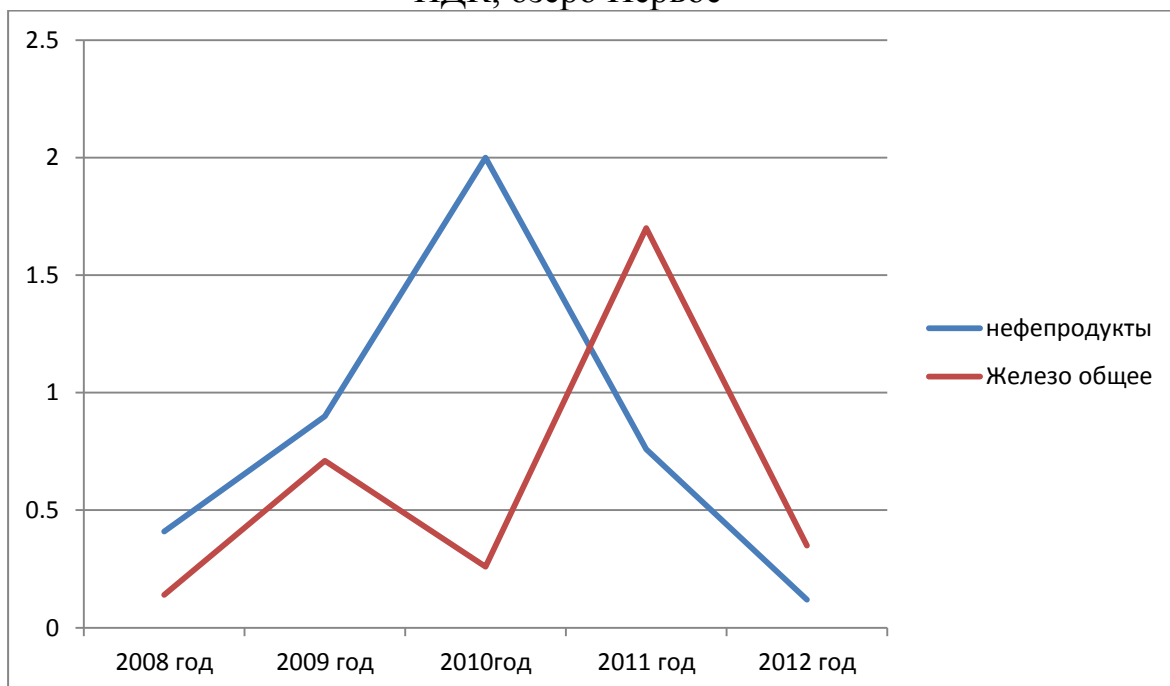


Рисунок 3.4 –График изменения количества загрязнений, превышающих ПДК, озеро Первое

Данные превышения вносят серьезные изменения в водный режим озер и наносят значительный ущерб микрофлоре и видовому составу.

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесс загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

Присутствие аммония в концентрациях порядка  $1 \text{ мг/дм}^3$  снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Признаки интоксикации – возбуждение,

судороги, рыба мечется по воде и выпрыгивает на поверхность. Механизм токсического действия – возбуждение центральной нервной системы, поражение жаберного эпителия, гемолиз (разрыв) эритроцитов. Токсичность аммония возрастает с повышением рН среды.

Высокое содержание железа в воде значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий вкус, и делает воду малопригодной для использования даже в технических целях.

Токсичность железа обусловлена механическим повреждением и асфиксией рыб и икры в результате осаждения хлопьев гидроокиси железа или снижением в воде кислорода, потребляемого на окисление закисного железа. В кислой среде ионы железа проникают в ткани и действуют самостоятельно как токсины.

О величине токсических концентраций железа для рыб имеются разноречивые данные. Это связано с тем, что его токсичность во многом зависит от гидрохимического режима, особенно от рН, жесткости и других показателей. Для рыб более токсичны сернокислое и двухлористое железо, чем его окись и хлорное железо.

По одним данным, острое отравление карпа, карася и леща происходит при концентрации хлорида и сульфата железа 4,3 – 6,4 мг/л. При рН воды 5 – 6,7 токсические концентрации железа для лосося, форели, щуки, плотвы и карпа снижаются до 1,0 – 2 мг/л. Гибель икры байкальского окуня отмечена при концентрации железа 0,52 мг/л в результате оседания на ее оболочке окиси железа. По данным Г. Д. Полякова, смертельные границы железа для карпов находятся на уровне 15 мг/л и выше. Железные квасцы вызывают гибель карпа и линя в концентрации 340 – 380 мг/л. При длительном воздействии низких концентраций железа понижается резистентность рыб к сапролегниозу.

Тяжелые металлы имеют много общего в биологическом действии и судьбе в водоемах. Как уже было сказано, они очень токсичны, хотя многие из них необходимы в микроколичествах различным организмам /медь, марганец, хром, молибден, ванадий/. Они легко образуют соединения и комплексы с органическими веществами в растворах и в организме, хорошо усваиваются организмами из воды и передаются по пищевой цепи.

Сульфаты бывают в виде серного ангидрида (SO<sub>3</sub>) либо в виде иона (SO<sub>4</sub>). Повышение их концентрации, особенно сульфатов органического происхождения, за пределы допустимых величин может быть опасным: ухудшаются зоогигиенические условия в водоеме, у рыб снижается резистентность как к неблагоприятным условиям среды, так и как возбудители различных болезней. В таких случаях необходимо определить источник загрязнения водоема и принять меры к его устранению.

### 3.9 Характеристика донных отложений

Анализируя данные химсостава ила озера Шелюгино, можно отметить, что основной составной частью является SiO<sub>2</sub> (до 75%). Кроме SiO<sub>2</sub> в состав ила входят кальций до 11,8%, железо до 3,67%, сульфаты до 2,9%. Из других

компонентов ил содержит медь в количестве 0,055–0,312%, цинк 0,037–0,15% и марганец 0,033–0,2%.

Донные отложения озера Второго по химическому составу аналогичны донным отложениям озера Шелюгино, но отмечено большее содержание  $\text{SiO}_2$  (до 88%) и меньшее количество меди (до 0,0065%). Содержание остальных компонентов примерно одинаково.

Химический состав ила озера Первого характеризуется содержанием  $\text{SiO}_2$  от 44 до 98%, кальция от 0,24 до 9,25%, сульфатов от 0,04 до 2,05% и повышенным содержанием веществ, извлекаемых эфиром, в сравнении с илом других озер (0,2–9,0%). Это можно объяснить значительным сбросом нефтепродуктов со сточными водами ЧТЗ, не имеющего очистных сооружений до 1966 года.

Данные исследования свидетельствуют о протекании внутриводоемных процессов, способствующих уменьшению содержания загрязняющих веществ и улучшению качества озерной воды за счет осаждения и утилизации взвешенных веществ и отдельных компонентов.

При этом необходимо обратить внимание на распределение ила по площади озера Шелюгино. Контрольные промеры, проведенные в 1972 году показали, что иловая масса практически отсутствует в местах развития высшей водной растительности (камыша озерного). Предварительно можно сказать, на основании работ ВНИИ «ВОДГЕО», что илы дают незначительное увеличение минерализации. (По опытам с водой Старо–Крымского водохранилища, имеющей минерализацию 1100 мг/л, увеличение минерализации за счет илов составило не более 3,3%).

## 4 ПРОГНОЗ СОЛЕВОГО СОСТАВА ВОДЫ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

### 4.1 Качества сточных вод, поступающих в исследуемые озера

Сточные воды – отработанные воды, дальнейшее использование которых невозможно по техническим условиям, либо нецелесообразно по технико–экономическим показателям.

При оборотном водообеспечении промышленных предприятий часть сточных вод повторно используется в производстве после их очистки и охлаждения (при необходимости).

Производственные сточные воды в течение смены могут поступать равномерно и неравномерно. Возможны залповые поступления высококонцентрированных токсичных сточных вод. Режим спуска производственных сточных вод определяется регламентом технологического процесса (цехов и предприятия в целом). В течение суток могут также изменяться отдельные показатели свойств сточных вод.

Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, разделяются на три вида: производственные, бытовые, атмосферные.

Производственные сточные воды – это воды, использованные в технологическом процессе. Они включают две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые). Загрязненные сточные воды могут содержать примеси:

- Минеральные;
- Органические;
- Бактериальные;
- Биологические.

Бытовые сточные воды – это воды от санитарных узлов производственных и непромышленных корпусов и зданий, душевых установок и т.п.

Атмосферные сточные воды – дождевые и талые воды, а также воды, образующиеся при поливе улиц. Атмосферные осадки содержат до 100 мг/л примесей.

Состав сточных вод зависит от характера использования чистой воды в промышленности, условий сбора всех видов вод на территории предприятия или более крупной промышленной зоны.

Состав производственных сточных вод колеблется в значительных пределах, что вызывает необходимость тщательного обоснования выбора надежного и эффективного метода очистки в каждом конкретном случае. Количество производственных сточных вод определяется в зависимости от производительности предприятия по укрупненным нормам водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. Норма водопотребления – это целесообразное количество воды, необходимого для производственного процесса, установленная на основании научно обоснованного расчета или передового опыта. В укрупненную норму водопотребления входят

все расходы воды на предприятии. Нормы расхода производственных сточных вод применяют при проектировании вновь строящихся и реконструкции действующих систем водоотведения промышленных предприятий. Укрупненные нормы позволяют дать оценку рациональности использования воды на любом действующем предприятии.

Водоемы загрязняются в основном в результате спуска в них сточных вод от промышленных предприятий и населенных пунктов. В результате сброса сточных вод изменяются физические свойства воды (повышается температура, уменьшается прозрачность, появляются окраска, привкусы, запахи); на поверхности водоема появляются плавающие вещества, а на дне образуется осадок; изменяется химический состав воды (увеличивается содержание органических и неорганических веществ, появляются токсичные вещества, уменьшается содержание кислорода, изменяется активная реакция среды и др.) ; изменяется качественный и количественный бактериальный состав, появляются болезнетворные бактерии. Загрязненные водоемы становятся непригодными для питьевого, а часто и для технического водоснабжения; теряют рыбохозяйственное значение и т.д.

Общие условия выпуска сточных вод любой категории в поверхностные водоемы определяются народнохозяйственной их значимостью и характером водопользования. После выпуска сточных вод допускается некоторое ухудшение качества воды в водоемах, однако это не должно заметно отражаться на его жизни и на возможности дальнейшего использования водоема в качестве источника водоснабжения, для культурных и спортивных мероприятий, рыбохозяйственных целей.

Наблюдение за выполнением условий спуска производственных сточных вод в водоемы осуществляется санитарно–эпидемиологическими станциями и бассейновыми управлениями.

Нормативы качества воды водоемов хозяйственно–питьевого и культурно–бытового водопользования устанавливают качество воды для водоемов по двум видам водопользования: к первому виду относятся участки водоемов, используемые в качестве источника для централизованного или нецентрализованного хозяйственно–питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второму виду – участки водоемов, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также находящиеся в черте населенных пунктов.

Отнесение водоемов к тому или иному виду водопользования проводится органами Государственного санитарного надзора с учетом перспектив использования водоемов.

Поступающие в реки, озера, водохранилища и моря загрязняющие вещества вносят значительные изменения в установившийся режим и нарушают равновесное состояние водных экологических систем. В результате процессов превращения загрязняющих водоемы веществ, протекающих под воздействием природных факторов, в водных источниках происходит полное или частичное восстановление их первоначальных свойств. При этом могут образовываться

вторичные продукты распада загрязнений, оказывающих отрицательно влияние на качество воды.

#### 4.2 Сточные воды ОАО «ЧТПЗ»

Челябинский трубопрокатный завод – российское металлургическое предприятие, одно из крупнейших трубных предприятий России, специализируется на производстве стали и труб. Входит в состав Группы ЧТПЗ. Относится к трубным заводам «Большой восьмёрки».

Группа «ЧТПЗ», объединяющая предприятия черной металлургии, располагает почти всеми основными технологиями производства стальных труб. На заводах компании производится свыше 25000 типоразмеров труб и трубных профилей из углеродистых, легированных и нержавеющей марок стали по российским и мировым стандартам.

В прокатных цехах стальные слитки превращаются в изделия самого разнообразного профиля, являющиеся полуфабрикатом или окончательной продукцией металлургического завода (блюда, слябы, балки, рельсы, сортовая сталь, листовая сталь, трубы, проволока, лента и др.). Технологический процесс разделяется на два основных цикла: предварительный нагрев слитков в печах или колодцах и прокатка нагретых слитков.

Загрязненные сточные воды в прокатных цехах получают от охлаждения валков, шеек валков и подшипников, от смыва и транспортирования окалина, а также от охлаждения вспомогательных механизмов – пил, ножниц и др. В трубопрокатных цехах загрязненные сточные воды могут быть еще от гидравлического испытания труб.

Количество загрязненных сточных вод от прокатных станков на, единицу продукции колеблется в широких пределах, в зависимости от типа установленного стана и вспомогательного оборудования, а также от сорта проката.

В сточных водах данного типа предприятий содержится окалина, нефтепродукты, масла и др. Показатели качества сточных вод ОАО «ЧТПЗ» приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1–Показатели качества производственных сточных вод ОАО «ЧТПЗ»

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа, кг в год.
1	2	3
1	Кремний	106,76
2	БПКполн	580,00+1720,00
3	Натрий	18879,11+12003,15
4	Взвешенные вещества	3720,00+2460,00
5	Сухой остаток	657930,00+135990,00
6	Нефть и нефтепродукты	70,00+50,00
7	Никель	11,22+4,41
8	Магний	7044,80

## Окончание таблицы 4.1

1	2	3
4	Взвешенные вещества	3720,00+2460,00
5	Сухой остаток	657930,00+135990,00
6	Нефть и нефтепродукты	70,00+50,00
7	Никель	11,22+4,41
8	Магний	7044,80
9	Марганец	14,24+15,35
10	Медь	0,82+1,15
11	Фтор	286,03+163,89
12	Нитраты	2693,17
13	Нитриты	49,61
14	Сульфаты	168810,00+16440,00
15	Азот аммонийный	370,00
16	Фосфаты	10,00
17	Железо	85,47+120,77
18	Кальций	111488,22+12705,29
19	Калий	11395,00
20	Цинк	11,24+13,47
21	Свинец	2,02+0,53
22	Хлориды	111570,00+32760,00

## 4.3 Сточные воды завода «ЧКПЗ»

ОАО «Челябинский кузнечно–прессовый завод» – одно из ведущих предприятий машиностроительной отрасли, основано в 1942 году.

Сегодня ЧКПЗ производит: поковки, штамповки и детали весом от 0,1 до 400 кг для автомобилестроения, тракторостроения, железнодорожного машиностроения, нефтегазового комплекса; штампованные колесные диски диаметром от 16 до 33 дюймов; прицепы и полуприцепы–тяжеловозы.

Машиностроение включает в себя предприятия различных отраслей: автомобиле–, авиа–, судостроения; тяжелого и химического машиностроения; весь оборонный комплекс; станко– и приборостроения и др.; это ведущая отрасль народного хозяйства, во многом определяющая положение страны в мире. В зависимости от состава завода и масштабов производства потребность в воде по отдельным предприятиям колеблется в широких пределах и по наиболее крупным достигает сотен тысяч кубических метров в сутки. На разных производствах вода выполняет различные функции: охлаждение технологического оборудования и продукта; приготовление и корректировка рабочих растворов и микропорошков; промывка деталей и изделий; мокрая очистка воздуха; мытье производственных площадей, создание воздушных завес и др.

Количество производственных сточных вод на машиностроительных заводах колеблется в значительных пределах в зависимости от характера производства и их мощности и определяется регламентом производства.



По характеру загрязнений производственные сточные воды делятся на следующие категории:

I категория (50 – 80 % стоков) – незагрязненные сточные воды, нагретые в процессе охлаждения технологического оборудования; к ним относятся сточные воды от охлаждения различных печей, компрессоров, термического и сварочного оборудования, холодильных станций и др.;

II категория (10 – 15 %) – загрязненные механическими примесями и маслами эти сточные воды сбрасываются от промывочного оборудования, «мокрых» вентиляционных систем, литейного оборудования, мойки полов и т.п. Показатели качества сточных вод ОАО «ЧКПЗ» приведены в таблице 4.2

Таблица 4.2—Показатели качества производственных сточных вод ОАО «ЧКПЗ»

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа, кг в год.
1	2	3
1	Нефтепродукты	22,00
2	Взвешенные вещества	3288,00
3	Сухой остаток	167127,00
4	Азот аммонийный	350,00
5	Железо	036,00
6	Кобальт	4,00
7	Марганец	28,00
8	Медь	1,00
9	Никель	4,00
10	Нитраты	908,00
11	Нитриты	29,00
12	СПАВ	44,00
13	Сульфаты	47958,00
14	Фосфаты	68,00
15	Хлориды	13433,00
16	Хром	5,00
17	Цинк	13,00
18	Кальций	65398,00

#### 4.4 Сточные воды «ЧТЗ – УРАЛТРАК»

ЧТЗ – машиностроительный завод по разработке и производству: промышленных тракторов, бульдозеров, трубоукладчиков, погрузчиков, минитракторов, двигателей, запчастей для нефтедобывающей, газодобывающей, горнорудной, строительной и других отраслей. Показатели качества сточных вод «ЧТЗ – УРАЛТРАК» приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3–Показатели качества производственных сточных вод «ЧТЗ – УРАЛТРАК»

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа, кг в год.
1	2	3
1	Мышьяк	11,63
2	Железо	636,58
3	Никель	49,21
4	Марганец	134,30
5	Медь	28,79
6	Фенолы	0,87
7	Цианиды	17,88
8	Нитраты	8877,06
9	Нитриты	737,47
10	Свинец	5,57
11	Хлориды	544440,00
12	Цинк	142,73
13	Азот аммонийный	460,00
14	Хром 6+	116,25
15	Сульфаты	221180,00
16	Взвешенные вещества	14740,00
17	Сухой остаток	1563610,00
18	Нефть и нефтепродукты	2280

#### 4.5 Сточные воды ОАО «Фортум» филиал Челябинская ТЭЦ–2

ОАО «Фортум» является одним из ведущих производителей и поставщиков тепловой и электрической энергии на Урале и в Западной Сибири. Суммарная установленная мощность филиалов, дочерних и зависимых обществ компании в настоящее время составляет по электроэнергии 3 825,5 МВт, по тепловой энергии – 11 804,1 МВт. В структуру компании входят девять теплоэлектростанций. Пять из них – в Челябинской области.

К сточным, или сбросным, водам кроме вод систем охлаждения относятся: сбросные воды систем гидрозолоулавливания (ГЗУ), отработавшие растворы после химических промывок теплосилового оборудования или его консервации: регенерационные и шламовые воды от водоочистительных (водоподготовительных) установок: нефтезагрязненные стоки, растворы и суспензии, возникающие при обмывах наружных поверхностей нагрева, главным образом воздухоподогревателей и водяных экономайзеров котлов, сжигающих сернистый мазут.

Составы перечисленных стоков различны и определяются типом ТЭС и основного оборудования, ее мощностью, видом топлива, составом исходной воды, способом водоподготовки в основном производстве и, конечно, уровнем эксплуатации.

Воды после охлаждения конденсаторов турбин и воздухоохладителей несут, как правило, только так называемое тепловое загрязнение, так как их температура на 8...10 С превышает температуру воды в водоисточнике. В некоторых случаях охлаждающие воды могут вносить в природные водоемы и посторонние вещества. Это обусловлено тем, что в систему охлаждения включены также и маслоохладители, нарушение плотности которых может приводить к проникновению нефтепродуктов (масел) в охлаждающую воду. На мазутных ТЭС образуются сточные воды, содержащие мазут.

Масла могут попадать в сточные воды также из главного корпуса, гаражей, открытых распределительных устройств, маслохозяйств. Показатели качества производственных сточных вод «ТЭЦ–2» приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4–Показатели качества производственных сточных вод «ТЭЦ–2»

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа, кг в год.
1	2	3
1	Мышьяк	65,32
2	Сухой остаток	337020,00
3	Фтор	3182,73
4	Сульфаты	82150,00
5	Хлориды	48440,00
6	Взвешенные вещества	6740,00
7	Ванадий	117,44
8	Фосфаты	410,00
9	Нефть и нефтепродукты	70,00

#### 4.6 Сточные воды ОАО «Фортум» филиал Челябинская ТЭЦ–3

Показатели качества производственных сточных вод «ТЭЦ–3» приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5–Показатели качества производственных сточных вод «ТЭЦ–3»

№ п/п	Определяемый показатель	Результаты анализа, кг в год.
1	2	3
1	Железо	44,90
2	Сульфаты	15810,00
3	Хлориды	13400,00
4	Взвешенные вещества	980,00
5	Сухой остаток	94240,00
6	Нефть и нефтепродукты	30,00

#### 4.7 Балансовая схема водопотребления и водоотведения предприятий Юго–Восточного района Челябинска

В 1971 году Харьковский Водоканалпроект на основании работ Челябинского отдела промпредприятий ВНИИ ВОДГЕО, ЧПИ, Уральского управления Гидрометслужбы разработал балансовую схему водопотребления и водоотведения предприятий Юго–Восточного района г.Челябинска и г.Копейска.

По этой схеме водозабор из озера Первого осуществляется по двум направлениям: в сторону предприятий Юго–Восточного района г.Челябинска в количестве 130,9 млн.м<sup>3</sup>/год и в сторону ЖБИ в количестве 0,05млн.м<sup>3</sup>/год. Пополнение запаса воды в озере Первом осуществляется промстоками и хозяйственно–бытовыми стоками Северо–Западного района г.Челябинска, прошедшими очистку на очистных сооружениях в количестве 120,65 млн.м<sup>3</sup>/год и водой из озера Второго в количестве 15,08 млн.м<sup>3</sup>/год. Промстоки Юго–Восточного района г.Челябинска в количестве 84,3 млн.м<sup>3</sup>/год, пройдя очистку на локальных очистных сооружениях предприятий, поступают в озеро Шелюгино, куда сбрасывается, также после очистки, хозяйственно–бытовые стоки Юго–Восточного района г.Челябинска в количестве 35,47 млн.м<sup>3</sup>/год, а также промышленные и хозяйственно–бытовые стоки г.Копейска в количестве 47,45 млн.м<sup>3</sup>/год. Из озера Шелюгино вода самотеком поступает в озеро Второе. Из озера Второго вода, кроме перекачки в озеро Первое 15,8 млн.м<sup>3</sup>/год забирается на орошение в количестве 8,83 млн.м<sup>3</sup>/год и на водоснабжение предприятий г.Копейска в количестве 15,71 млн.м<sup>3</sup>/год. Избыток воды в количестве 134,23 млн.м<sup>3</sup>/год сбрасываются в реку Миасс.

#### 4.8 Исходные данные для прогнозирования

Исходными данными для прогнозирования солевого состава воды озер на перспективу являются соответствующие данные по составу:

- 1) Промстоков предприятий Юго–Восточного района г. Челябинска на 1980 год.
- 2) Очищенных промышленных и хоз.бытовых стоков Северо–Западного района г. Челябинска на 1980 год.
- 3) Подземных и поверхностных вод, поступающих в озера, осадков на поверхность озер и промливневых вод г. Копейска на 1980 год.
- 4) Промстоков г. Копейска на 1980 год.
- 5) Очищенных хозяйственно–бытовых стоков г. Копейска и Юго–Восточного района г. Челябинска на 1980 год.
- 6) Воды озер Первое, Второе и Шелюгино на 1980 год.

Примечание. Исходные данные прогнозируются к 1980 году из предположения, что это год начала функционирования системы.

#### 4.9 Солевой состав промстоков предприятий Юго–Восточного района г. Челябинска на 1980 год

Солевой состав промстоков предприятий Юго–Восточного района г. Челябинска на 1980 год составлялся на основании современного солевого состава промстоков, исследований по проектируемой очистке промстоков и выполнению рекомендаций по очистке этих стоков на предприятиях по научно–исследовательским работам, выполненных Челябинским отделом промпредприятий ВНИИ ВОДГЕО и кафедрой водоснабжения и канализации Челябинского политехнического института в 1969–1970 гг.

Концентрация ионов в промстоках определялась как сумма

$$C_{ст} = \Delta C_{заб} + \Delta C [4.1],$$

где  $\Delta C_{заб}$  – концентрация ионов в потребляемой воде, т.е. в воде озера, откуда осуществляется водозабор;

$\Delta C$  – дополнительные загрязнения на предприятиях;

$\Delta$  – коэффициент, учитывающий степень использования воды в обороте.

При определении концентрации ионов в общем стоке получил зависимость

$$C_{ст} = \Delta C_{св.в.} + \Delta C [4.2]$$

В связи с различной степенью использования воды в обороте по предприятиям коэффициент  $\Delta$  для различных предприятий различен

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2 [4.3],$$

где  $\Delta C_1$  – дополнительное загрязнение (уменьшение или увеличение концентрации ионов) на предприятиях при использовании речной воды;

$\Delta C_2$  – дополнительные загрязнения при введении новых очистных сооружений на предприятиях.

$$\Delta C_1 = C_{\text{ст.сущ.}} - C_{\text{речн.воды}} [4.4],$$

где  $C_{\text{ст.сущ.}}$  – концентрация ионов в воде в настоящее время;

$C_{\text{речн.воды}}$  – концентрация ионов в р.Миасс в настоящее время.

«Дополнительные» загрязнения из года в год принимаются постоянными, так как технологические процессы на предприятиях и способ очистки остается в ближайшей перспективе практически неизменным.

Химсостав сточных вод в целом для предприятий Юго–Восточного района г.Челябинска на 1980 год, рассчитанный по методике, приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Химсостав составляющих водного баланса озер Первое, Второе и Шелюгино на 1980 год

№ п/п	Наименование составляющих водного баланса	Объем, млн.м <sup>3</sup> /год	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	СГ, мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	(К+N а), мг/л	Минерализация, мг/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Вода оз.Шелюгино	10,7	102,2	22,2	137,7	254,3	177,6	129,2	823,1
2	Поверхностный приток и осадки	3,0	2,0	1,2	6,5	23,0	48,2	31,1	117,0
3	Промстоки Юго–Восточного района г.Челябинска	84,3	1,08+150,5	1,08+8,8	1,08+299,6	1,08+93,1	1,08+1,1	1,08+145,2	1,08+898,2
4	Промстоки г.Копейска	6,75	64,2	36,4	241,0	193,3	191,8	196,7	913,4
5	Промлевневые стоки г.Копейска	5,93	2,0	1,2	6,6	28,0	48,2	31,1	117,0
6	Хоз.бытовые стоки Юго–Восточного района г.Челябинска и г.Копейска	76,17	43,3	28,6	55,8	85,9	244,0	59,3	521,8
7	Вода оз.Второе	80,7	103,7	23,5	138,0	255,9	191,4	130,4	842,0
8	Поверхностный приток и осадки	9,5	14,0	2,4	3,2	20,0	48,2	9,2	97,1
9	Подземный приток	0,2	18,0	37,2	97,5	48,5	183,6	71,3	456,1

## Окончание таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Поверхностный приток и осадки	9,5	14,0	2,4	3,2	20,0	48,2	9,2	97,1
9	Подземный приток	0,2	18,0	37,2	97,5	48,5	183,6	71,3	456,1
10	Вода оз.Первое	145,2	90,4	24,7	125,7	224,7	174,0	103,7	743,1
11	Стоки после очистных сооружений Северо-Западного района	120,65	43,0	18,0	100,0	180,0	264,0	159,0	764,0
12	Поверхностный приток и осадки	9,8	12,0	н/о	1,9	15,6	36,0	8,5	74,0
13	Подземный приток	0,2	68,0	27,0	31,4	115,2	301,3	59,3	802,2

## 4.10 Методика прогнозирования

Для выполнения изменения солевого состава воды в озерах при включении их в схему оборотного водоснабжения были приведены расчеты в интервале первых 20-ти лет работы системы. Расчет заканчивался, как только качество воды из года в год повторялось или изменялось незначительно.

Для расчетов была принята методика, разработанная ВНИИ ВОДГЕО.

Прогноз велся по минерализации и основным ее компонентам: кальцию, магнию, хлоридам, сульфатам, бикарбонатам, натрию и калию.

В расчетах приняты три допускающих положения:

- 1) объем озер постоянен, что практически соответствует действительности.
- 2) перемешивание, поступающих в озера масс воды, равномерное и полное, что характерно для безледного состояния озер.
- 3) в расчетах на этой стадии не учитывалось нарушение карбонатного равновесия за счет внутриводоемных процессов.

#### 4.11 Варианты схемы повторного использования воды через систему озер

Учитывая географические условия, количество и качество городских и промышленных стоков, потребность в технической воде предприятий Юго-Восточного района и Копейска и ее качество, а так же необходимостью санитарной охраны озер и реки Миасс к рассмотрению принимаются следующие варианты системы:

I вариант – Хоз.бытовые стоки Северо-Западного района Челябинска включаются в систему и направляются в оз.Первое.

II вариант – Стоки Северо-Западного района Челябинска включаются в систему, но направляются в оз.Шелюгино.

III вариант – Стоки Северо-Западного района Челябинска исключаются из системы и направляются в реку Миасс.

IV вариант – Доочистка хоз.бытовых и промышленных стоков до качества, которое необходимо для их повторного использования, на очистных сооружениях.

Предварительное обоснование вариантов:

I вариант – Малая минерализация воды озер, идущая на повторное использование за счет значительного разбавления промышленных стоков хоз.бытовыми.

II вариант – Более полная доочистка всех стоков в системе озер, при относительно небольшой минерализации.

III вариант – Значительно уменьшается биологическая нагрузка на озера.

IV вариант – Полностью отсутствует влияние стоков на озера.

#### 4.12 Обсуждение полученных результатов

Как и предполагалось при предварительном выборе расчетных вариантов, минерализация воды озера Первое, откуда по схеме предполагался основной забор воды на повторное использование, различие по вариантам – наименее минерализована вода по первому и наиболее по третьему. Таким образом прямое использование (через оз.Первое) хоз.бытовых стоков Северо-Западного района Челябинска в данной системе может снизить минерализацию в два раза, что является важным положительным фактором первого варианта.

Однако первый вариант имеет уже на данном этапе рассмотрения ряд серьезных недостатков.

1) Озеро Первое не справится с доочисткой хоз.бытовых стоков Северо-Западного района Челябинска.

2) Непосредственное использование очищенных хоз.бытовых стоков как к добавке к воде озера Первое, идущей на повторное использование, нежелательно, так как кроме закрытых систем охлаждения водопотребителями являются производства, где человек контактирует с технической водой.

На основании вышеизложенного очевидно, что несмотря на положительный фактор первого этапа (малая минерализация) он должен быть уже на данном этапе



работы исключен из дальнейшего рассмотрения, как не отвечающий условиям нормальной работы системы оборотного водоснабжения. При этом исключение очищенных хоз.бытовых стоков Северо-Западного района Челябинска из разрабатываемой системы позволит иметь на перспективу дополнительный резерв технологической воды (после соответствующей глубокой доочистки).

В близкой же перспективе необходимая искусственная доочистка хоз.бытовых стоков в условиях Челябинского промрайона экономически нецелесообразна.

Таким образом, очевидно, что последующая работа должна быть направлена на более глубокую и всестороннюю проработку второго, третьего и четвертого варианта.

Рассмотрим более детально возможности работы системы по второму и третьему вариантам.

Третий вариант системы технологически отличается от второго отсутствием в обороте значительного количества хоз.бытовых стоков города, что и обуславливает более высокую минерализацию воды озер. Такая минерализация в определенных условиях хотя и допустима для многих водопотребителей, однако, крайне не желательна, так как нередко требует дорогостоящей водоподготовки и частичной реконструкции водного хозяйства предприятий.

На основании вышеизложенного важно знать, есть ли технически реальная возможность понизить минерализацию воды оз.Первое по третьему варианту (не учитывая обессоливания, которое потребует чрезмерных капитальных затрат)

Анализируя условия стокообразования предприятий, сбрасывающих стоки в систему озер можно отметить, что имеется ряд предприятий, отдельные стоки которых характеризуются особенно высокой минерализацией и сравнительно небольшими расходами (ЧКПЗ; ЧТПЗ; ТЭЦ-1).

Логично рассмотреть вариант с выводом части этих стоков из системы, что незначительно нарушит водный баланс системы и может существенно снизить минерализации воды в оборотной системе. Наиболее лимитирующими в данном аспекте можно считать: стоки кислотной канализации ЧТПЗ, промышленные загрязненные стоки ЧКПЗ и сточные воды химводоочистки ТЭЦ-1.

При этом наиболее оптимальным решением следует считать их полный вывод из системы со сбросом в хоз.бытовую канализацию Северо-Западного района города, очищенные стоки которой по третьему варианту не входят в водный баланс разрабатываемой системы.

Минерализация стоков хоз.бытовой канализации при этом возрастает с 740 мг/л до 810 мг/л, что практически не скажется на режимах очистки и повторном использовании в промышленности.

Таким образом, на основании вышеизложенного к дальнейшему рассмотрению остаются варианты системы – второй, четвертый и третий с соответствующей поправкой – ШБ.

Необходимо отметить, что с позиций минерализации за оптимальную минерализацию солей разрабатываемой системы принята минерализация в пределах 1100–1200 мг/л по следующим соображениям:

1) Минерализация 1100–1200 мг/г является наиболее достижимой по солевому балансу данной системы.

2) Техническая вода с такой минерализацией вполне приемлема для основных водопотребителей системы.

4.13 Методика и результаты прогнозирования солевого состава воды озер на перспективу по третьему варианту с выводом группы стоков из системы (вариант III «б»)

По варианту III «б» исключаются следующие промышленные стоки:

– стоки кислотной канализации ЧТПЗ в количестве 40 м<sup>3</sup>/час – 0,35 млн.м<sup>3</sup>/год;

– промышленные загрязненные стоки ЧКПЗ в количестве 1737 м<sup>3</sup>/сут. – 0,63 млн.м<sup>3</sup>/год;

– стоки ХВС ТЭЦ–1 200 м<sup>3</sup>/час – 1,75 млн.м<sup>3</sup>/год.

Ожидаемый химсостав воды озер на перспективу по этому варианту будет следующим:

#### Озеро Первое

Кальций – 163,7 мг/л

Магний – 34,7 мг/л

Хлориды – 186,8 мг/л

Сульфаты – 355,5 мг/л

Бикарбонаты – 281,3 мг/л

Натрий+Калий – 170,7 мг/л

Минерализация – 1200,1 мг/л

#### Озеро Второе

Кальций – 163,6 мг/л

Магний – 34,6 мг/л

Хлориды – 187,6 мг/л

Сульфаты – 355,9 мг/л

Бикарбонаты – 279,4 мг/л

Натрий+Калий – 171,0 мг/л

Минерализация – 1199,5 мг/л

#### Озеро Шелюгино

Кальций – 163,6 мг/л

Магний – 34,2 мг/л

Хлориды – 188,4 мг/л

Сульфаты – 356,8 мг/л

Бикарбонаты – 279,4 мг/л

Натрий+Калий – 171,5 мг/л

Минерализация – 1199,5 мг/л

## 5 НАУЧО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

### 5.1 Отбор проб

Состав воды в значительной мере определяет качество продукции многих производств: выращивания сельскохозяйственных культур, рыбозаводства, приготовления напитков и других пищевых продуктов, а также производства красителей и разнообразных химических веществ.

Необходимость все более подробных сведений о химическом составе воды возрастает и по мере развития науки, расширения наших знаний о воздействии различных содержащихся в воде веществ на организм человека и животных. В известной степени это находит отражение в увеличении числа нормируемых веществ. Список веществ, для которых установлены и утверждены ПДК в воде, составляет около 500 наименований.

Если проблема рационального комплексного использования водных ресурсов требует в основном определенного объема и качества гидрохимической информации, то для эффективной охраны вод не менее важна и ее оперативность. Кроме того, рациональное использование водных ресурсов – внутреннее дело каждой страны, в то время как проблема охраны окружающей Среды все больше становится проблемой не только национальной, но и глобальной. Из этого вытекает и новое требование к гидрохимической информации ее сопоставимость.

Для правильной оценки качества воды в водоеме, характеристики его химико–биологического состояния, степени загрязнения и т.д. требуется выполнить по крайней мере два условия: удовлетворительный анализ некоторого минимума проб воды из этого водоема и их представительность, или репрезентативность. Неправильный выбор пунктов отбора, горизонтов, времени наблюдений, ошибки в организации и технике отбора приводят к столь же серьезным и неисправимым искажениям получаемой информации, что и некорректный анализ.

Под репрезентативностью проб понимают их соответствие поставленной задаче как по количеству и объему, так и по выбранным точкам и времени отбора (а также по технике отбора, предварительной обработке, условиям хранения и транспортировки), т.е. каждая проба характеризует воду в точке в момент отбора.

#### 5.1.1 Принципы отбора представительных проб

Проба должна представлять водоем или определенную часть его и характеризовать состояние воды за определенный промежуток времени. Степень, до которой одиночная малая проба может считаться характерной для большой водной массы, зависит от следующих факторов:

- однородности отбираемой водной массы;
- количества точек пробоотбора;
- размера отдельных проб;
- способа отбора.

Кроме того, предварительная обработка, транспортировка и хранение проб должны проводиться таким образом, чтобы в содержании и составе определяемых компонентов и свойствах воды не происходило существенных изменений.

Отбор представительных проб должен учитывать специфику водоема (морфология, гидрология, характер водосбора и т.д.), т.е. все, чем определяется выбор места и частоты отбора, и специфику определяемых веществ (растворенное, взвешенное, коллоидное, пленочное, “мертвое”, “живое”), т.е. все, что определяет в конечном итоге физические, химические и биологические свойства водного объекта.

### 5.1.2 Виды проб

Различают простые и смешанные пробы. Простые пробы, т.е. отобранные в полном объеме в определенный момент времени характеризуют качество воды в данном пункте водоема во время отбора. Смешанные (усредненные) пробы представляют собой объединенную по тому или иному принципу серию простых проб и характеризуют среднее содержание определяемых компонентов или свойств за некоторый промежуток времени для некоторого участка, разреза и т.д.

### 5.1.3 Виды отбора проб

В зависимости от цели исследований отбор проб может быть разовым (нерегулярным) и регулярным, или серийным. Разовый используется относительно редко, когда:

- измеряемые параметры не подвержены большим изменениям во времени или по глубине и акватории водоема;
- известны (на основании изучения данного или подобных водоемов) закономерности изменений определяемых параметров;
- требуются лишь самые общие представления о качестве воды в водоеме.

Регулярный отбор проб дает наиболее определенную и надежную информацию о состоянии водоема и качестве его вод. При этом каждая проба отбирается в определенной (временной или пространственной) взаимосвязи с другими.

## 5.2 Анализ проб

Химический анализ воды выполняют в основном в стационарных лабораториях, однако вследствие неустойчивости ряда ингредиентов определение их следует производить непосредственно у объекта в свежесобранных пробах (анализ первого дня).

При отборе проб и выполнении анализа первого дня целесообразно придерживаться определенной последовательности.

При взятии проб с поверхности:

- 1) Измеряют температуру воды.
- 2) Определяют прозрачность и цвет воды.
- 3) Определяют запах воды.

4) Отбирают пробу воды объемом приблизительно 5л. Для этой цели используют батометр или эмалированное ведро, предварительно ополоснув их водой 2 – 3 раза. Глубина, с которой производится отбор пробы, не должна превышать 0,2 – 0,5 м.

5) Определяется рН, содержание оксида серы (IV), если возможно СО, и фиксируют растворенный кислород.

6) Наполнение водой бутылок производят в соответствии с программой наблюдений. Пробы для определения нефтепродуктов, пестицидов, СПАВ, тяжелых металлов и других ингредиентов отбирают в отдельные склянки.

7) Бутылки для определения главных ионов, соединений биогенных элементов консервируют согласно указаниям, делают отметку, чем законсервирована проба и плотно закрывают пробками.

8) Все результаты определения записывают в талон полевой книжки КГ или на этикетку и приклеивают к бутылке.

При взятии проб с различных глубин все определения осуществляют в том же порядке. Отбор проб производят с помощью батометров.

В зимнее время при температуре воздуха ниже 0°С отобранную пробу переносят в отепленное помещение, где производят определение рН, СО, фиксируют растворенный кислород, если возможно, СО<sub>2</sub>, наполняют бутылки для отправки в лабораторию на химический анализ.

В талоне дополнительно указывают метеорологические условия (дождь, ветер, штиль, пыльная буря), результаты визуального наблюдения – наличие и характер пленки, повышенная мутность, цветение воды, а также явлений, необычных для данного водоема, но имеющих место в момент отбора пробы.

### 5.3 Методы анализа воды

#### 5.3.1 Определение прозрачности воды

Прозрачность, или светопропускание, воды обусловлена её цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ. Воды в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабо опалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоём белую пластинку определённых размеров или различать на белой бумаге шрифт также определённого размера и типа. Результаты указывают в сантиметрах, отмечая при этом способ измерения.

Отбор, предварительная обработка, хранение проб. Прозрачность воды определяют в нефилтрованной пробе. Перед отмериванием воды для

определения бутылку следует взболтать и тотчас же отобрать необходимый объем воды сухим цилиндром. В случае если вода взмучена выпавшей при состоянии гидроокисью железа или вообще содержит большое количество взвесей, её следует брать после отстаивания в течение 1 мин.

Ход определения:

Измерение стандартной доской. Измерение прозрачности с помощью доски выполняют на месте отбора пробы. Для этой цели применяется белая квадратная пластинка размерами 20x20 см. или круглая диаметром 20 см. Измерение производят при рассеянном дневном свете (с теневой стороны лодки или судна). Пластинку опускают на тросе с отметками, указывающими его длину, до глубины, при которой она перестанет быть видимой. Записав значения этой глубины, при которой она вновь становится видимой. Эту операцию повторяют 3–4 раза. Окончательным результатом измерения считают среднее значение из получаемых данных.

Измерение при помощи шрифта. Измерение прозрачности с помощью шрифта проводят в лабораторных условиях. Для измерения используют стеклянный цилиндр с дном из химически стойкого оптического стекла. Цилиндр должен иметь градуировку в единицах длины

(в см. или мм.). В качестве стандартного шрифта используется шрифт ГОСТа 3551–46. Исследуемая проба воды рассматривается при рассеянном дневном свете, измерения повторяют несколько раз и за окончательный результат принимают среднее значение единичных измерений.

Аппаратура:

- 1) Стеклянный цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см. и высотой около 50 см.
- 2) Шрифт с высотой букв 3,5 мм.

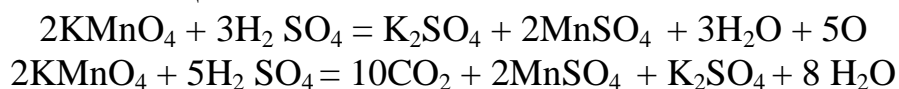
### 5.3.2 Определение окисляемости воды

Окисляемость воды показывает наличие в воде органических и легко окисляющихся неорганических веществ, способных реагировать с окислителями.

Большая часть органических веществ, сточной воды обладает способностью разлагаться и создавать при этом питательную среду для различных организмов, многие из которых вредны для здоровья человека.

По количеству израсходованного кислорода оценивается количество окисляемых веществ, содержащихся в сточной воде.

Исследуемую воду обрабатывают перманганатом калия в присутствии серной кислоты. Выделившийся кислород окисляет органические и неорганические вещества. С целью учета вошедшего в реакцию кислорода избыток перманганата калия восстанавливается щавелевой кислотой:



Окисляемость выражается в миллиграммах израсходованного кислорода на 1 литр испытуемой воды.

Реактивы:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 25%;  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  0,01 Np-p;  $\text{KMnO}_4$ , 0,01 Np-p.

Ход определения:

В коническую колбу наливают 1 – 20 мл исследуемой воды, доводят объем до 100 мл дистиллированной водой и приливают 5 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Раствор на плитке доводят до кипения, добавляют из бюретки 10 мл  $\text{KMnO}_4$  и кипятят 10 минут после появления первого пузырька пара. После кипячения жидкость должна иметь красную окраску, что гарантирует необходимый избыток окислителя.

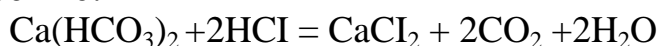
Если окраска исчезла, следует повторить определение, взяв для анализа меньший объем исследуемой воды.

К горячей жидкости приливают из бюретки 10 мл  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , при этом раствор должен обесцветиться.

Избыток щавелевой кислоты оттитровывают перманганатом калия до появления малинового окрашивания.

### 5.3.3 Определение карбонатной жесткости

Содержащиеся в воде бикарбонаты Ca и Mg разлагаются HCl с выделением углекислого газа по уровню:



Количество, затраченной кислоты будет эквивалентно солям, обуславливающим карбонатную жесткость воды.

Реактивы:

HCl 0,1N p – p.;

м/о 0,1 % – ныйр – р.

Методика:

В коническую колбу пипеткой наливают 100мл исследуемой воды, прибавляют 2–3 капли м/о и титруют 0,1 N p-ром HCl до появления слабо – розовой окраски. Кипят 3 минуты. Если раствор при кипячении приобретает желтую окраску, то прибавляют ещё HCl до слабо – розовой окраски и снова кипятят в течении 2 минут.

Расчет карбонатной жесткости ведется по формуле:

$$X_{\text{ккар}} = \frac{V \times N}{100} \times 1000 = 10V \times N \quad [5.1],$$

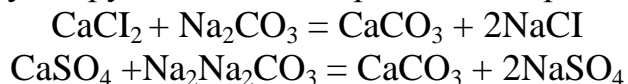
где V – объем израсходованного 0,1 N p – ра HCl, мл;

N – нормальность HCl;

100 – объем воды взятой для анализа.

### 5.3.4 Определение общей жёсткости воды

Анализируемую воду титруют HCl для перевода бикарбонатов в хлориды.



По количеству из расходуемых титрованных растворов NaOH и NaCO<sub>3</sub> устанавливается общее содержание в воде солей Ca и Mg. Этот метод прост и дает возможность определить в довольно жестких водах карбонатную и общую жесткость.

Метод удобен для периодического контроля воды, т.к. применяемые растворы достаточно стабильны.

Реактивы:

HCl 0.1N p – p;

M/O 0.1% p – p.

Щелочная смесь: готовится путем смешивания равных объемов 0.1 N p – p NaOH и N p – p Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Методика:

- 1) К нейтральному раствору полученному после определения карбонатной жесткости приливают из бюретки 25 мл щелочной массы.
- 2) Кипятят 5 минут для осаждения всех солей Ca и Mg.
- 3) Смесь охлаждают и количественно переносят в мерную колбу на 200 мл.
- 4) Доливают дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.
- 5) Смесь фильтруют.
- 6) Пипеткой отбирают 100 мл фильтра и переносят в коническую колбу.
- 7) Избыток щелочной смеси оттитровывают 0.1 Np – pHCl до слабо – розового окрашивания в присутствии 2 – 3 капель м/о.
- 8) Параллельно проводят контрольный опыт: в коническую колбу берут 25 мл щелочной смеси добавляют 75 мл дистиллированной воды и титруют 0.1 Np – pHCl в присутствии 2 – 3 капель м/о до слабо – розовой окраски.
- 9) Расчет общей жесткости ведется по формуле:

$$Ж_{общ} = \frac{(V_1 - V_2 \times a) \times 1000 \times N}{100}$$

[5.2],

где V<sub>1</sub> – объем HCl в контрольном опыте,

V<sub>2</sub> – объем HCl в рабочем опыте,

A – соотношение между объемами мерной колбы и пипетки,

N – Нормальность HCl

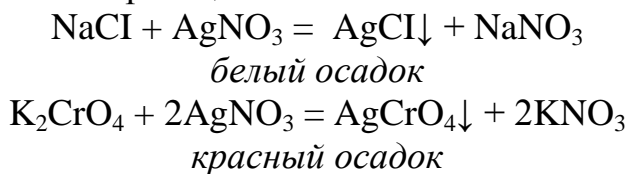
### 5.3.5 Определение хлоридов в воде

Хлориды определяются путем титрования анализируемой воды нитратом серебра в присутствии хромата калия как индикатора показывающего окончание реакции. Ион серебра с ионом хлора даёт белый осадок хлорида, а с хромовокислым калием осадок хромата серебра. Из образовавшихся осадков

					ЮУрГУ–08.03.01.2017.305–04.248 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60



меньшей растворимостью обладает хлорид серебра. По этому, после того, как весь хлор будет связан образуется хромат серебра. Появление красной окраски свидетельствует об окончании реакции.



Титрование может проводиться в нейтральной или слабощелочной среде. Кислую анализируемую воду нейтрализуют бикарбонатом.

Реактивы:

- 1)  $\text{AgNO}_3$  (нитрат серебра) – 0,05N раствор.
- 2)  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (хромат калия) – 5%–ный раствор.

Методика:

В коническую колбу отмеряют 100 мл. исследуемой воды и прибавляют 1 мл. 5%–ного раствора  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

Титруют, 0,05N раствором  $\text{AgNO}_3$  при постоянном взбалтывании, до слабо красного окрашивания.

При концентрации хлоридов меньше 7 мг/л определение не даёт точного результата. В этом случае воду упаривают в три раза и снова титруют, учитывая при расчете количество выпаренной воды.

Расчёт содержания хлора ведётся по формуле:

$$X = \frac{0,001775 \times V \times 1000 \times 1000}{100}$$

[5.3],

где 100 – объём пробы;

V – объём  $\text{AgNO}_3$  израсходованного на титрования;

0,001775 – это количество хлора эквивалентное одному миллилитру точно 0,05N раствору  $\text{AgNO}_3$  [3].

#### 5.4 Анализ полученных данных

Рассмотрим полученные данные по химсоставу воды в озерах Первое, Второе и Шелюгино.

Данные по химсоставу воды в оз.Первое предоставлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Химический состав воды оз.Первое

№ п/п	Наименование показателей	оз.Первое								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	pH	7,64	8,03	8,05	6,64	7,86	7,58	8,02	7,87	7,89
2	Цветность, град	16	16	14	15	14	15	16	16	16
3	Мутность, мг/л	1,5	0,9	1,4	0,9	1,2	1,4	1,1	1,3	1,5

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	Щелочность, мг-экв/л	4,6	4,6	3,2	4,0	4,0	4,5	4,4	3,8	4,0
5	Жесткость (общая)	8,5	7,8	7,2	6,8	5,8	8,2	7,7	3,9	8,4
6	Жесткость (Са)	3,5	3,7	4,1	2,9	2,7	3,4	3,2	1,5	2,9
7	Окисляемость, мг/л	3,7	4,0	5,3	6,3	5,0	5,4	5,3	4,8	4,5
8	Хлориды, мг/л	246, 4	237, 6	246,6	202, 4	246,4	255, 2	220	176	316,8
9	Железо, мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
10	Общая минерализация, мг/л	818	765	755	641	488	767	694	369	920

Из таблицы мы видим что вода в оз.Первое практически соответствует требованиям СанПиН, а следовательно, подходит для водоснабжения промышленных предприятий. [2]



Рисунок 5.1 – Точки отбора проб оз.Первое

По полученным анализам были построены графики зависимости изменения показателей при переходе от одной точке к другой в оз.Первое.

График изменения рН предоставлен на рисунке 5.2.

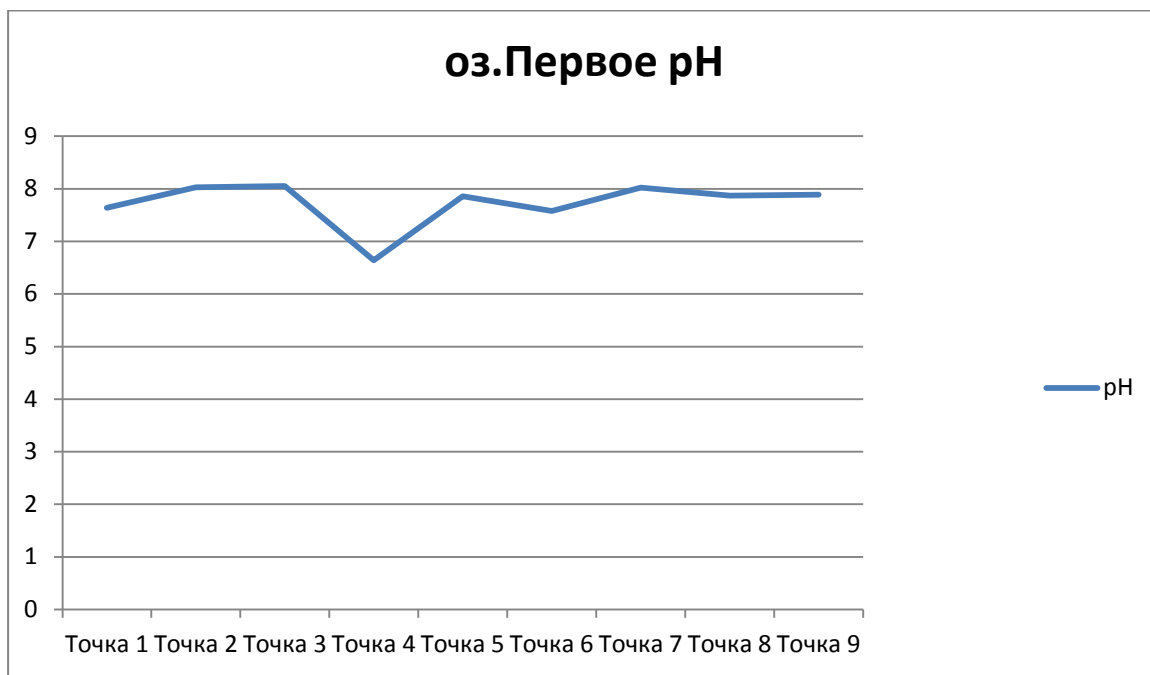


Рисунок 5.2 – График изменения рН в оз.Первое

Из графика мы видим, что рН меняется от 7,64 до 7,89, минимальное значение рН имеет в точке 4 – 6,64.

Данные по цветности оз.Первое представлены на рисунке 5.3.



Рисунок 5.3 – График изменения цветности в оз.Первое

По графику мы видим минимальное значение цветности в точках 3 и 5.

Данные по мутности оз.Первое представлены на рисунке 5.4.



Рисунок 5.4 – График изменения мутности в оз.Первое

Из графика мы видим, что показатель мутности колеблется в пределах 1,5мг/л, минимальное значение в точках 2 и 4 – 0,9.

Данные по щелочности оз.Первое представлены на рисунке 5.5.

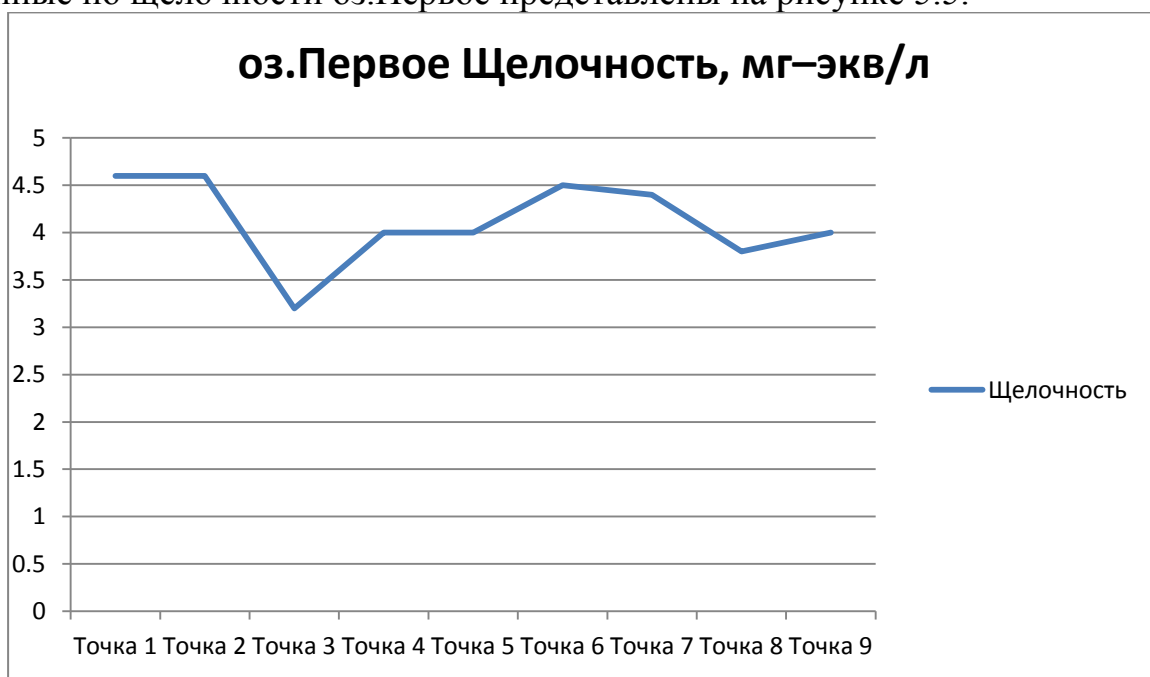


Рисунок 5.5 – График изменения щелочности в оз.Первое

На графике мы видим снижение показателя щелочности от 4,6мг-экв/л до 4,0 мг-экв/л. Минимально значение в точке 3 – 3,2мг-экв/л.

Данные по жесткости (общей) оз.Первое представлены на рисунке 5.6.



Рисунок 5.6 – График изменения общей жесткости в оз.Первое

Из графика мы видим, что показатель жесткости общей колеблется в пределах 8,5. Минимальное значение в точке 8 – 3,9.

Данные по жесткости (Са) оз.Первое представлены на рисунке 5.7.

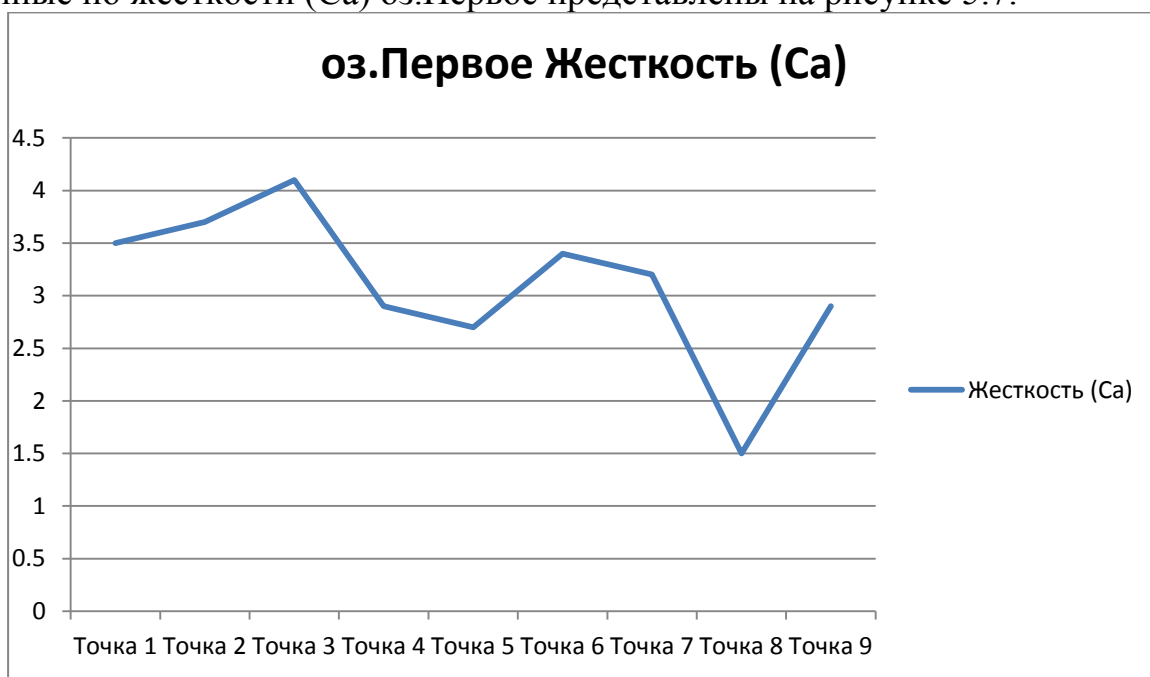


Рисунок 5.7 – График изменения кальциевой жесткости в оз.Первое

Из графика мы видим изменение показателя жесткости кальциевой от 3,5 до 2,9. Минимальное значение в точке 8 – 1,5.

Данные по окисляемости оз.Первое представлены на рисунке 5.8.

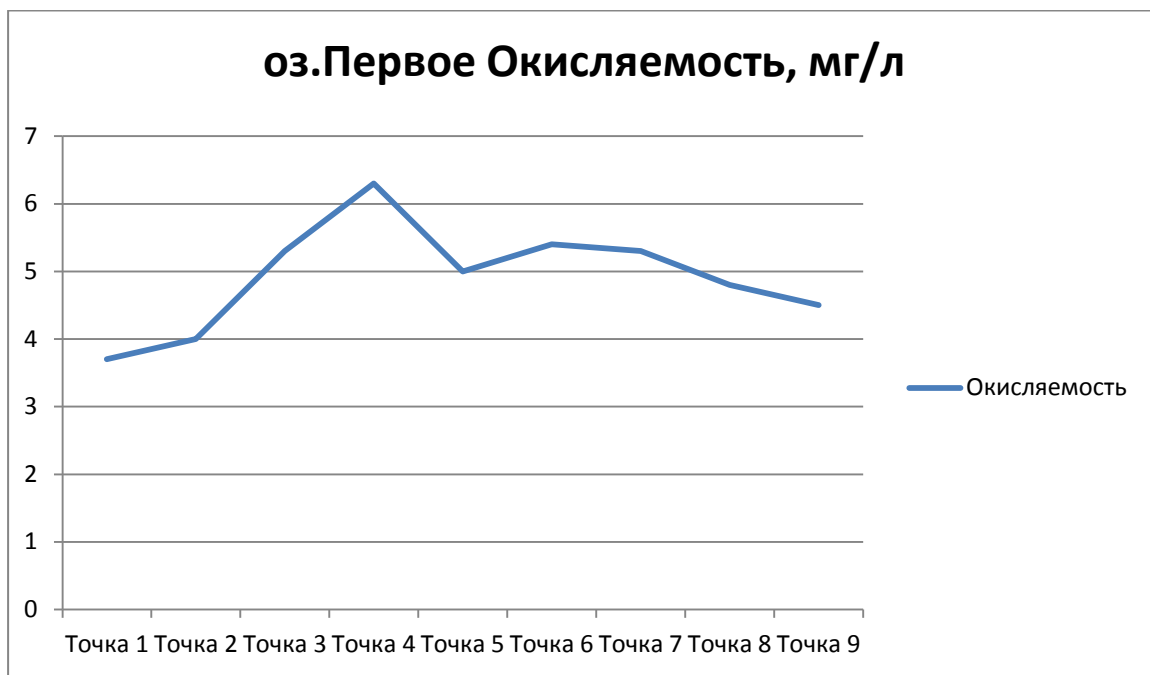


Рисунок 5.8 – График изменения окисляемости в оз.Первое

Из графика мы видим изменение показателя окисляемости от 3,7 мг/л до 4,5 мг/л. Минимальное значение наблюдается в точке 1 – 3,7.

Данные по хлоридам оз.Первое представлены на рисунке 5.9.



Рисунок 5.9 – График изменения хлоридов в оз.Первое

Из графика мы видим изменение хлоридов от 246,4 мг/л до 316,8 мг/л, минимальное значение наблюдается в точке 8 – 176 мг/л.

Данные по общей минерализации оз.Первое представлены на рисунке 5.10.

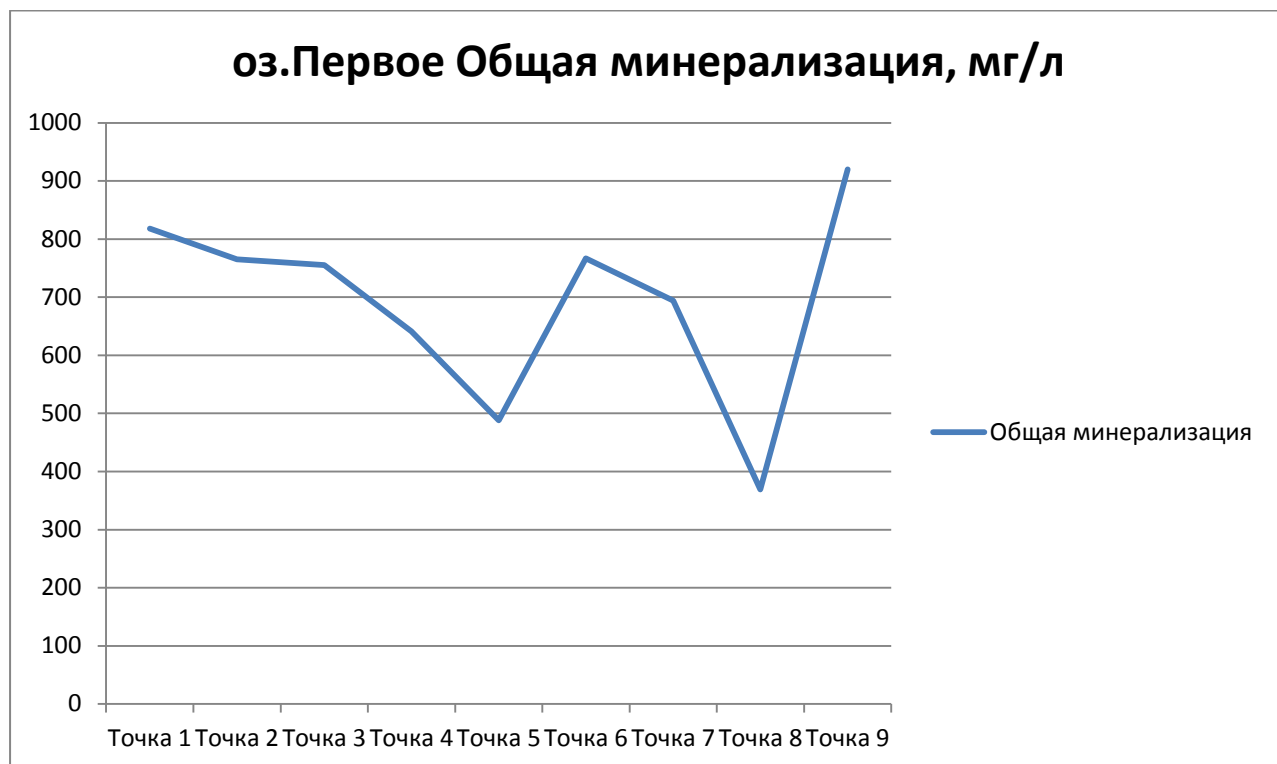


Рисунок 5.10 – График изменения общей минерализации в оз.Первое

Из графика мы видим, что общая минерализация изменяется от 724 до 360, минимальное значение общей минерализации в точке 2 – 247.

Данные по химсоставу воды в оз.Второе представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Химический состав воды оз.Второе

№ п/п	Наименование показателей	оз.Второе									
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	рН	7,02	6,46	7,94	6,84	6,96	7,02	7,52	7,68	7,35	
2	Цветность, град	21	10	13	12	14	15	18	17	17	
3	Мутность, мг/л	3,4	0,7	0,9	0,9	1,4	1,2	1,6	1,5	1,4	
4	Щелочность, мг-экв/л	1,5	2,6	3,0	4,9	4,4	4,5	3,7	3,9	4,0	
5	Жесткость (общая)	6,2	6,5	7,6	7,9	6,2	8,9	6,5	6,3	6,4	
6	Жесткость (Са)	2,0	2,4	3,2	3,1	3,2	4,3	2,5	2,3	2,6	
7	Окисляемость, мг/л	7,4	5,3	3,0	5,1	4,2	3,7	5,3	4,7	3,9	
8	Хлориды, мг/л	246,4	264	308	272,8	237,6	308	220	255,2	202,4	
9	Железо, мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	
10	Общая минерализация, мг/л	686	759	898	788	532	908	648	710	606	

Из таблицы мы видим, что вода в оз.Второе практически по всем показателям соответствует требованиям СанПиН [2].



Рисунок 5.11 – Станции отбора проб оз.Второе

По полученным анализам были построены графики зависимости изменения показателей при переходе от одной точки к другой в оз.Второе.

Данные по рН оз.Второе представлены на рисунке 5.12.

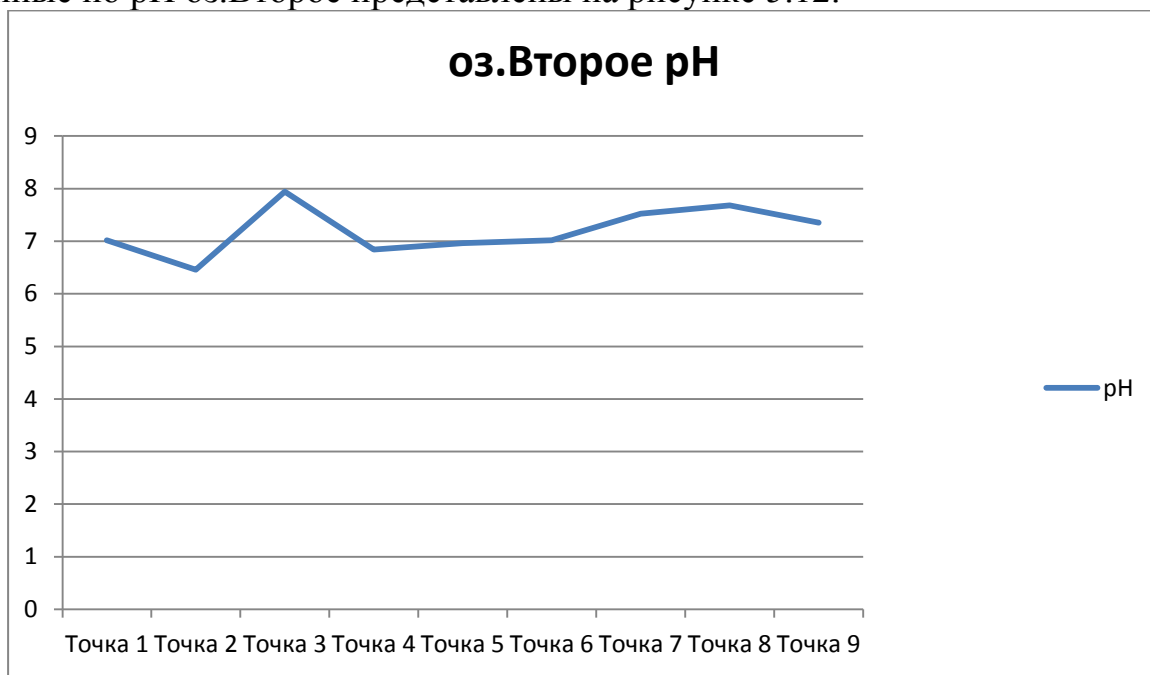


Рисунок 5.12 – График изменения рН в оз.Второе

Из графика мы видим, что рН меняется от 7,02 до 7,35. Минимальное значение рН имеет в точке 11 – 6,46.

Данные по цветности оз.Второе представлены на рисунке 5.13.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------



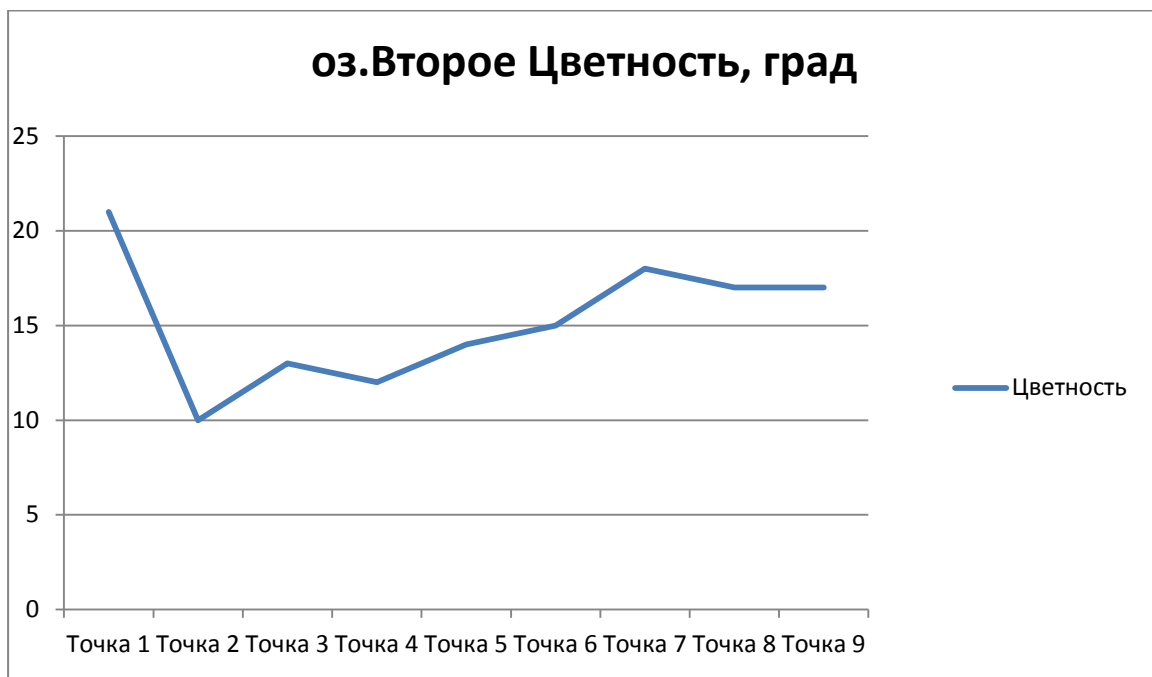


Рисунок 5.13 – График изменения цветности в оз.Второе

Из графика мы видим изменение показателя цветности от 21 град. до 17 град. Минимальное значение наблюдается в точке 11 – 10 град.

Данные по мутности оз.Второе представлены на рисунке 5.14.

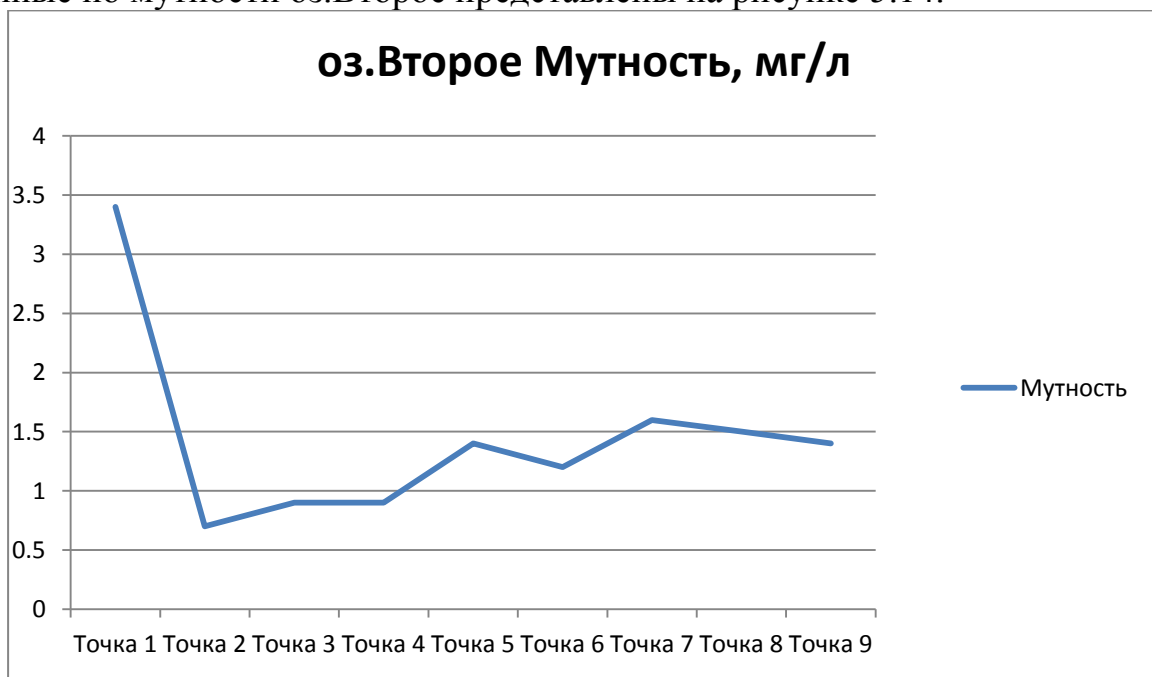


Рисунок 5.14 – График изменения мутности в оз.Второе

Из графика мы видим, что показатель мутности меняется от 3,4мг/л до 1,4мг/л, минимальное значение в точке 11 – 0,7.

Данные по щелочности оз.Второе представлены на рисунке 5.15.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

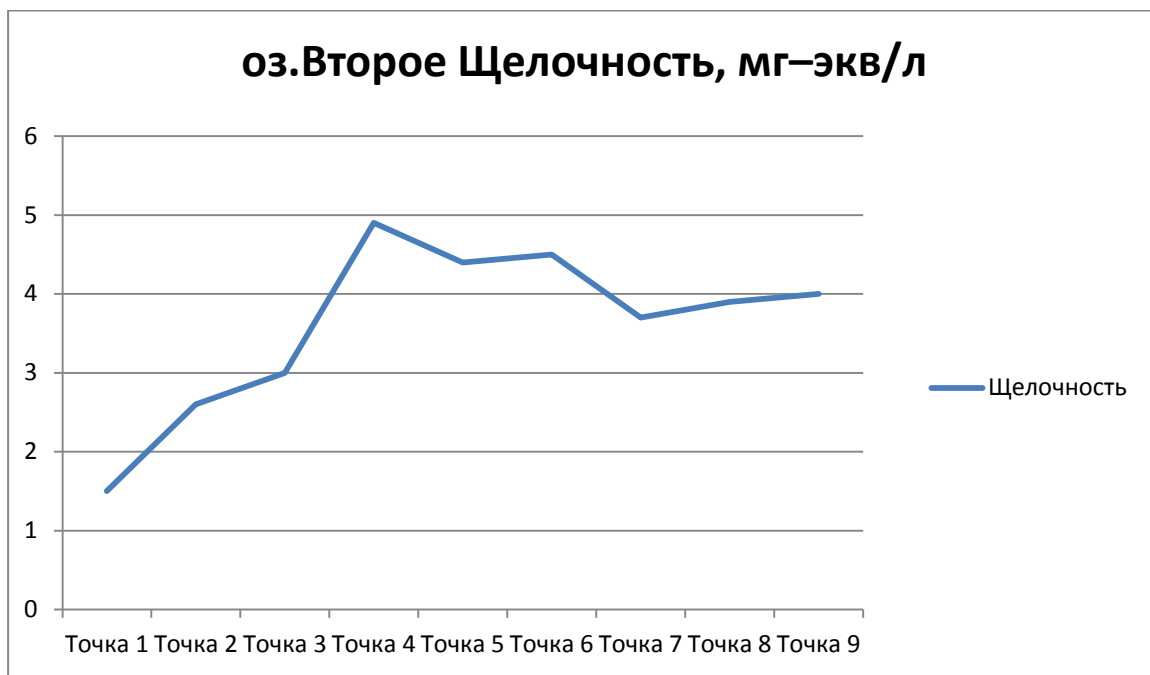


Рисунок 5.15 – График изменения щелочности в оз.Второе

На графике мы видим повышение показателя щелочности от 1,5мг–экв/л до 4,0мг–экв/л.

Данные по жесткости (общей) оз.Второе представлены на рисунке 5.16.

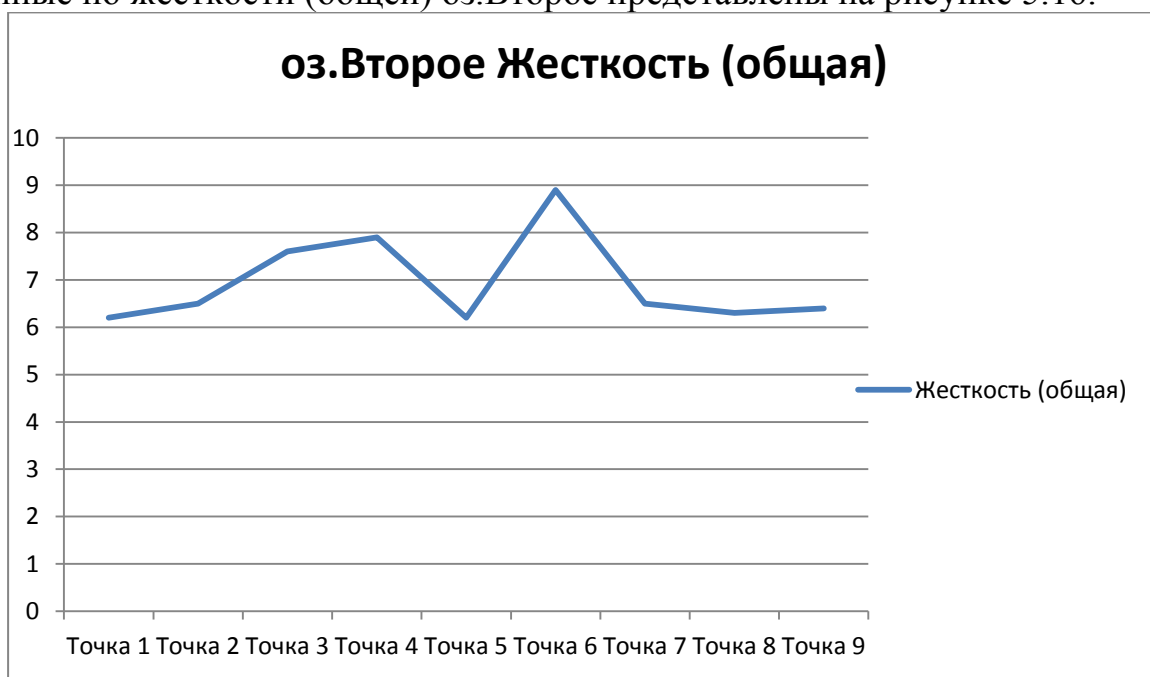


Рисунок 5.16 – График изменения общей жесткости в оз.Второе

Из графика мы видим, что показатель жесткости общей колеблется в пределах 6,4. Минимальное значение в точках 14 и 10 – 6,2.

Данные по жесткости (Са) оз.Второе представлены на рисунке 5.17.

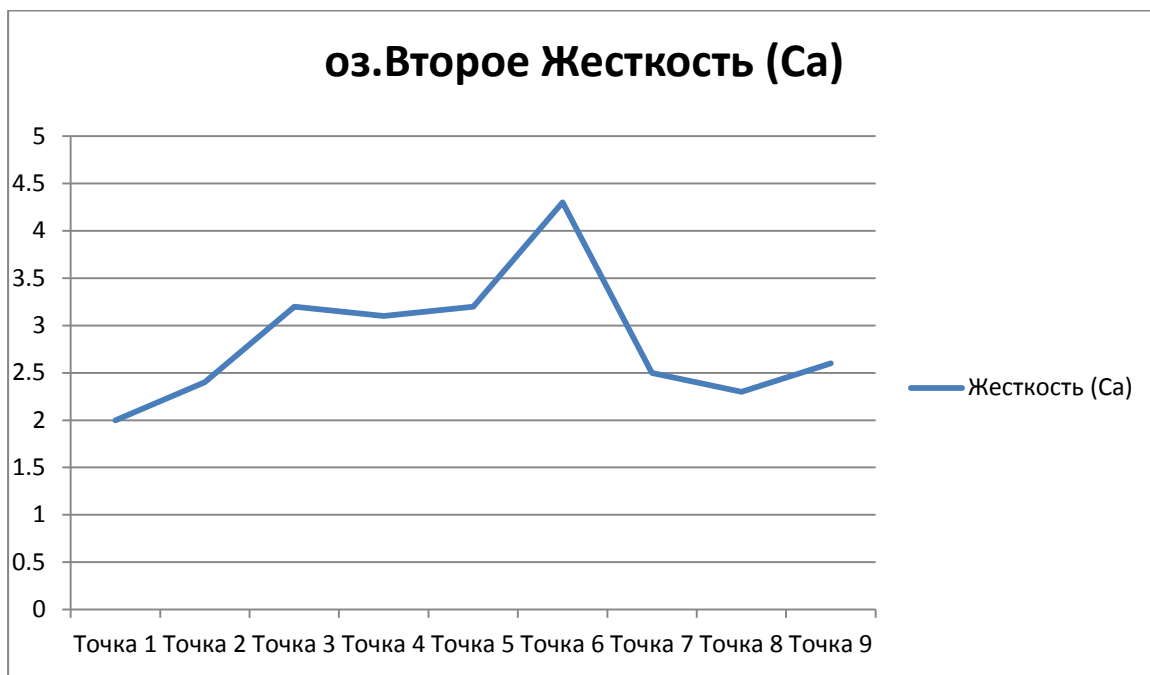


Рисунок 5.17 – График изменения кальциевой жесткости в оз.Второе  
Из графика мы видим изменение показателя жесткости кальциевой от 1,5 до 3,95, минимальное значения в точке 11 – 2,3.

Данные по окисляемости оз.Второе представлены на рисунке 5.18.

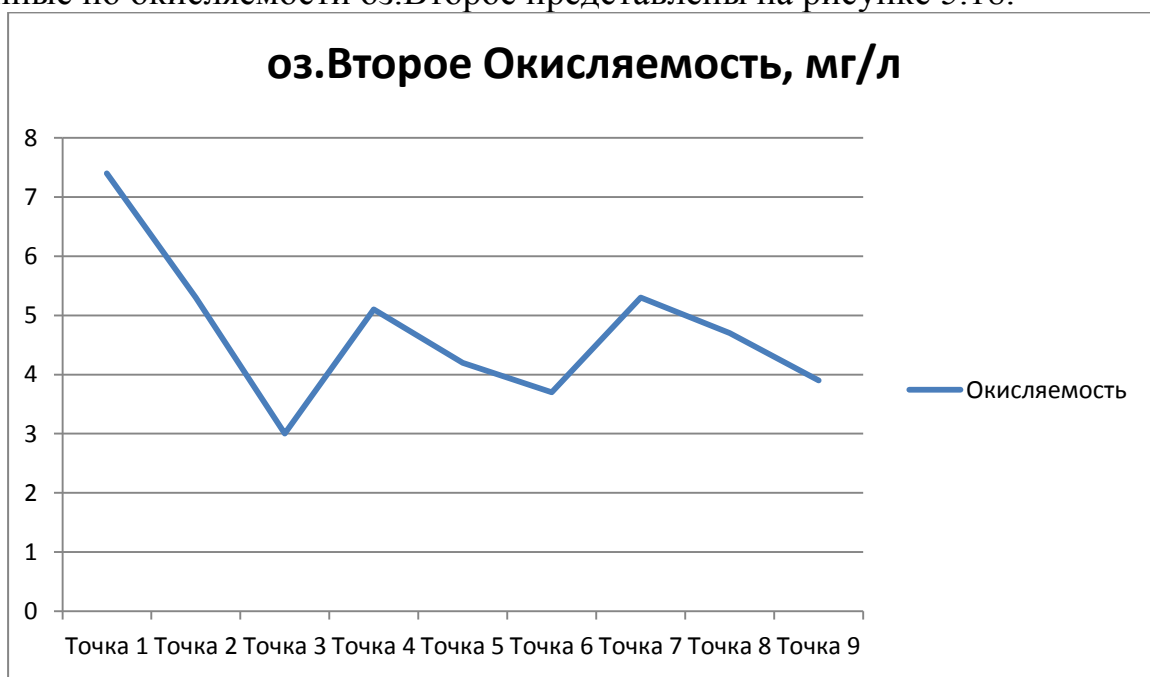


Рисунок 5.18 – График изменения окисляемости в оз.Второе  
Из графика мы видим изменение показателя окисляемости от 7,4 мг/л до 3,9 мг/л. Минимальное значение наблюдается в точке 14 – 3,0 мг/л.

Данные по хлоридам оз.Второе представлены на рисунке 5.19.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

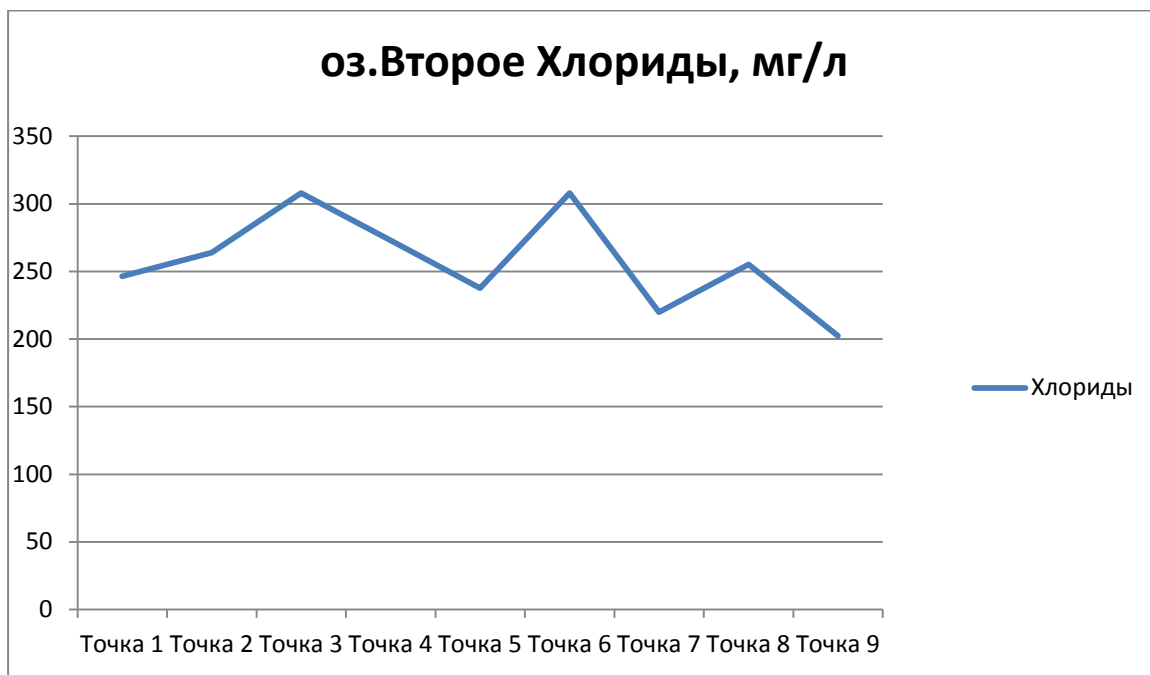


Рисунок 5.19 – График изменения хлоридов в оз.Второе

Из графика мы видим изменение хлоридов от 42,6мг/л до 326,0мг/л, минимальное значение наблюдается в точке 10 – 42,6мг/л.

Данные по общей минерализации оз.Второе представлены на рисунке 5.20.



Рисунок 5.20 – График изменения общей минерализации в оз.Второе

Из графика мы видим, что общая минерализация изменяется от 686 до 606, минимальное значение общей минерализации в точке 5 – 532.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

Данные по химсоставу воды в оз.Шелюгино предоставлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Химический состав воды оз.Шелюгино

№ п/п	Наименование показателей	оз.Шелюгино								
		19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	рН	6,58	7,02	7,45	6,98	7,01	6,99	7,48	7,85	7,45
2	Цветность, град	18	15	17	13	14	10	17	16	17
3	Мутность, мг/л	3,4	0,7	0,9	0,9	1,4	1,2	1,6	1,5	1,4
4	Щелочность, мг-экв/л	1,5	2,6	3,0	4,9	4,4	4,5	3,7	3,9	4,0
5	Жесткость (общая)	6,2	6,5	7,6	7,9	6,2	8,9	6,5	6,3	6,4
6	Жесткость (Са)	2,0	2,4	3,2	3,1	3,2	4,3	2,5	2,3	2,6
7	Окисляемость, мг/л	7,4	5,3	3,0	5,1	4,2	3,7	5,3	4,7	3,9
8	Хлориды, мг/л	246,4	264	308	272,8	237,6	308	220	255,2	202,4
9	Железо, мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
10	Общая минерализация, мг/л	686	759	898	788	532	908	648	710	606

Из таблицы мы видим что вода в оз.Шелюгино практически по всем показателям соответствует требованиям СанПиН [2].



Рисунок 5.21 – Точки отбора проб оз.Шелюгино

По полученным анализам были построены графики зависимости изменения показателей при переходе от одной точке к другой в оз.Шелюгино.

Данные по рН оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.22.

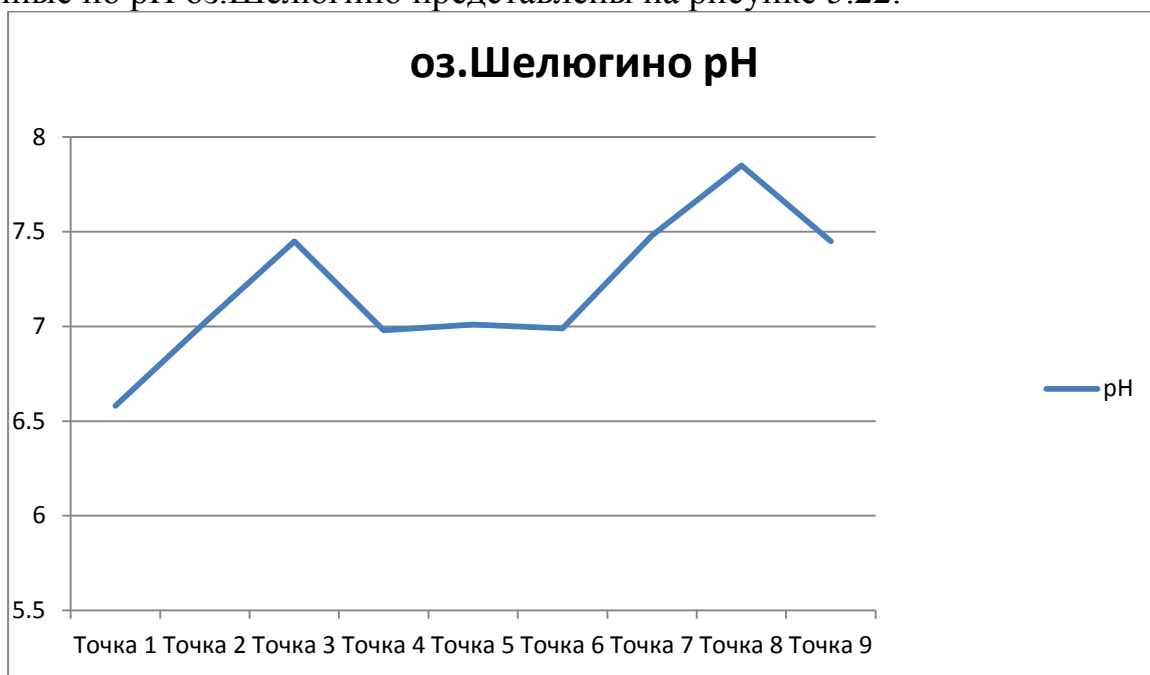


Рисунок 5.22 – График изменения рН в оз.Шелюгино

Из графика видно снижение рН от 6,98 до 6,71.

Данные по цветности оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.23.



Рисунок 5.23 – График изменения цветности в оз.Шелюгино

Из графика видно снижение цветности от 21 мг/л до 8 мг/л.

Данные по мутности оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.24.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
-----	------	----------	---------	------

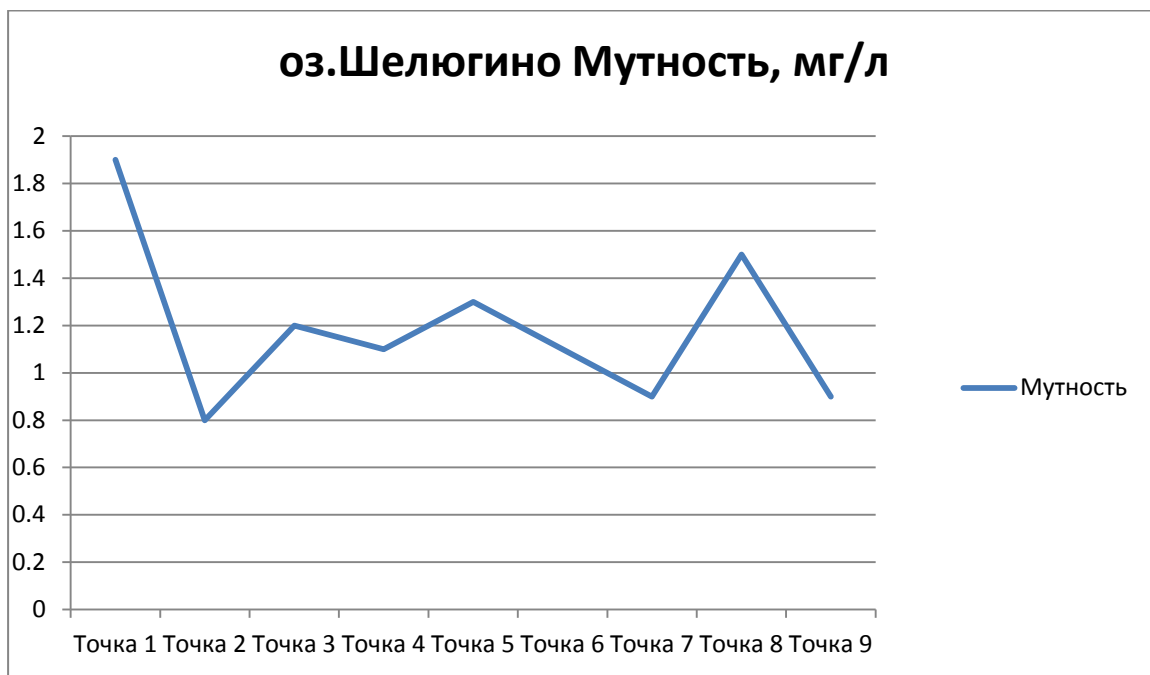


Рисунок 5.24 – График изменения мутности в оз.Шелюгино  
 Из графика видно снижение мутности от 6,2 мг/л до 2,2 мг/л.  
 Данные по щелочности оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.25.

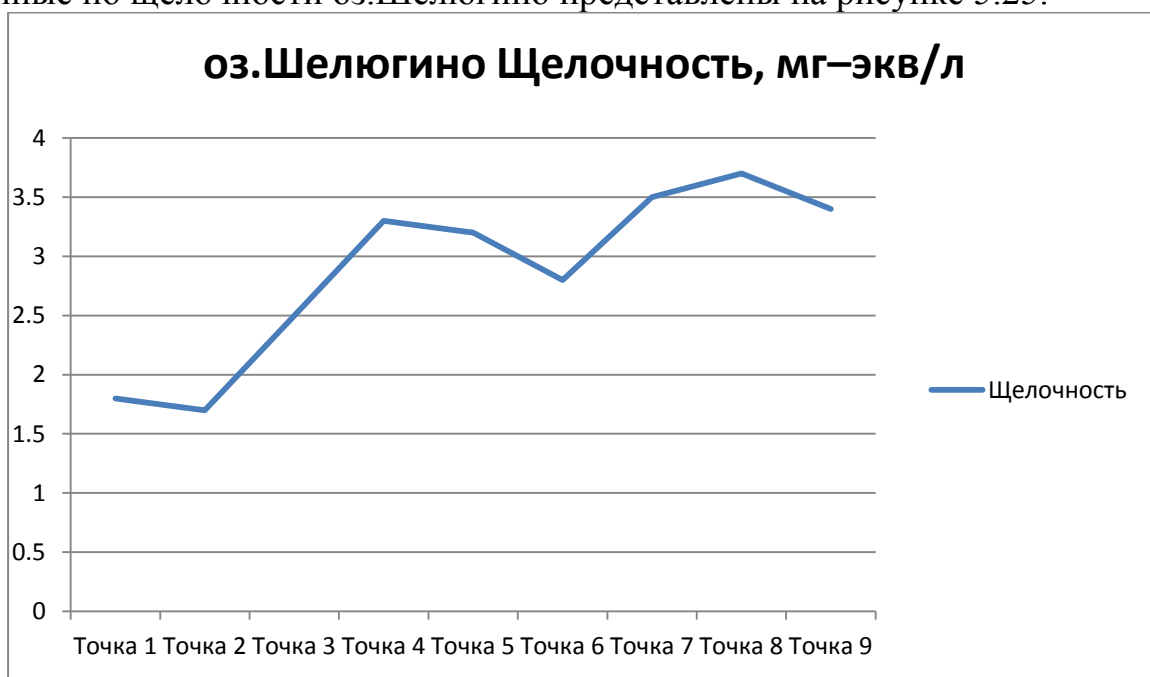


Рисунок 5.25 – График изменения щелочности в оз.Шелюгино  
 Из графика видно снижение щелочности от 3,2 мг/л до 2,5 мг/л.  
 Данные по жесткости (общей) оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.26.

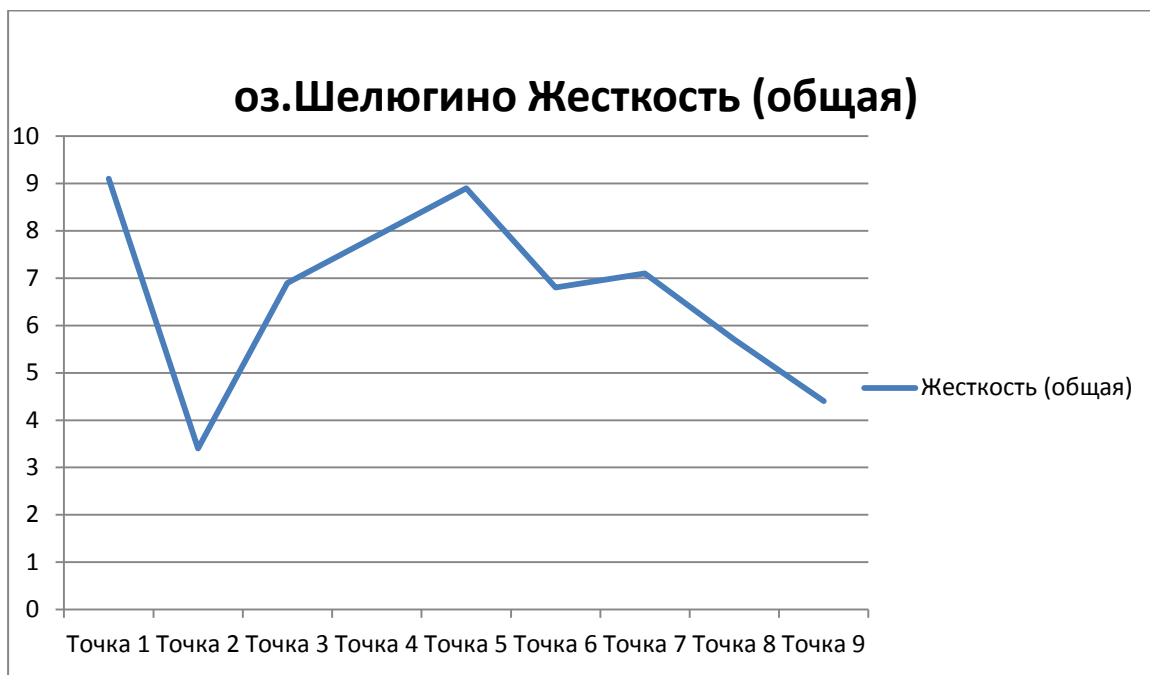


Рисунок 5.26 – График изменения общей жесткости в оз.Шелюгино  
Из графика видно снижение общей жесткости от 4,2 до 4,1.  
Данные по жесткости (Са) оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.27.



Рисунок 5.27 – График изменения кальциевой жесткости в оз.Шелюгино  
Из графика видно снижение кальциевой жесткости от 2,7 до 2,5.  
Данные по окисляемости оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.28.



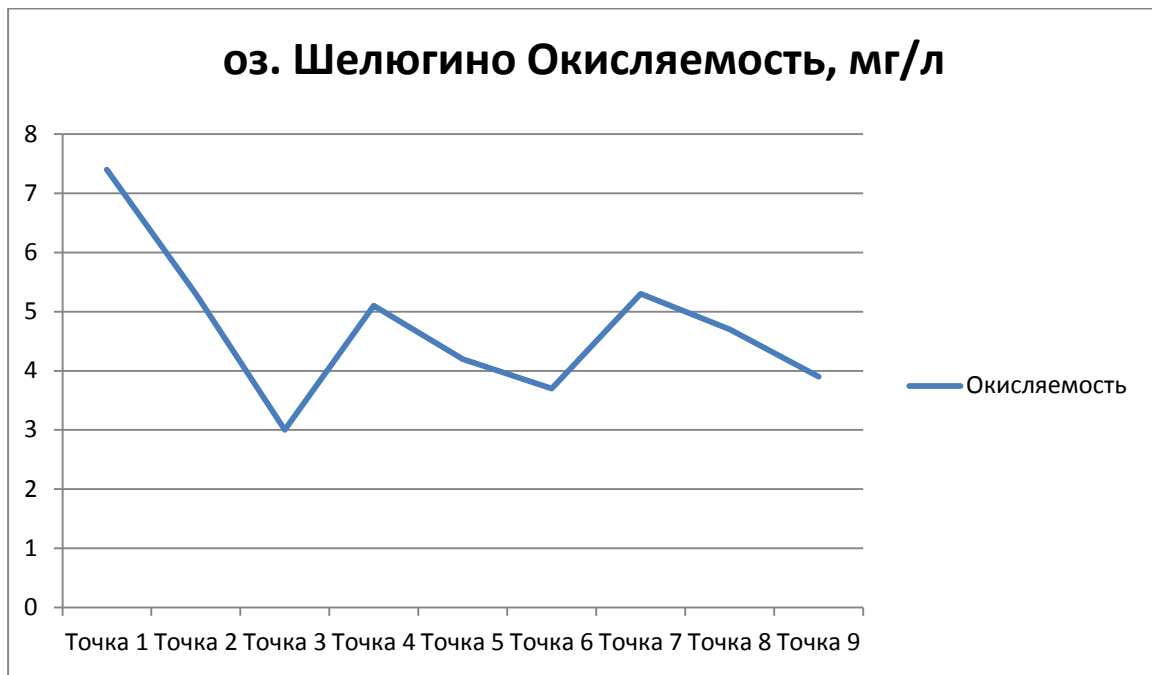


Рисунок 5.28 – График изменения окисляемости в оз.Шелюгино  
Из графика видно снижение окисляемости от 10,9 мг/л до 4,0 мг/л.  
Данные по хлоридам оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.29.

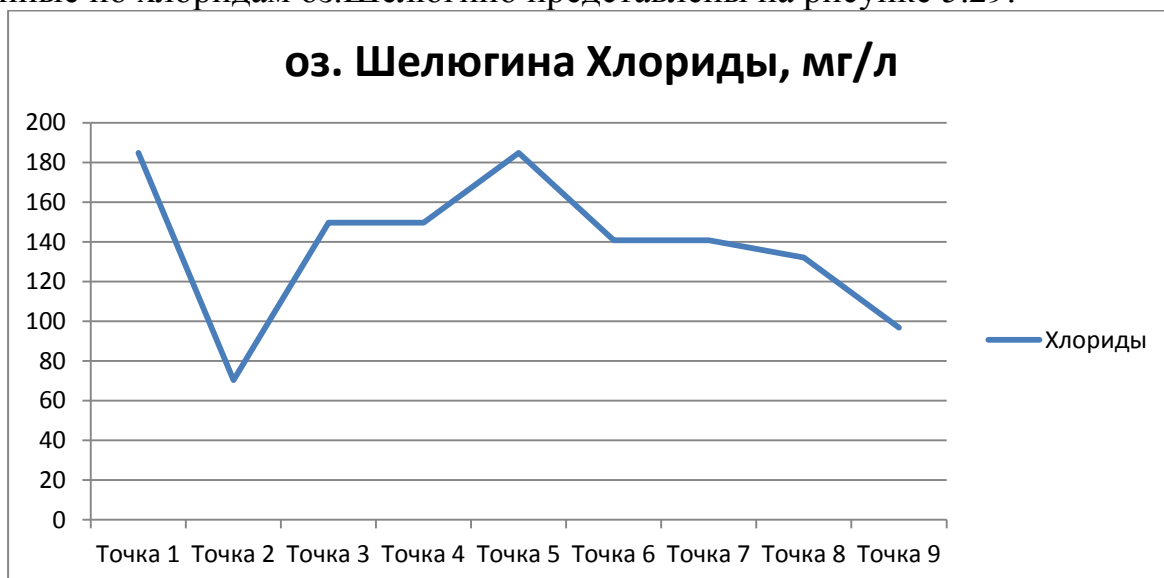


Рисунок 5.29 – График изменения хлоридов в оз.Шелюгино  
Из графика видно, что значение хлоридов повысилось от 80,0 мг/л до 87,0 мг/л.  
Данные по общей минерализации оз.Шелюгино представлены на рисунке 5.30.



Рисунок 5.30 – График изменения общей минерализации в оз.Шелюгино  
Из графика мы видим, что общая минерализация изменяется от 724 до 360, минимальное значение общей минерализации в точке 2 – 247.

### 5.5 Биологическая очистка воды на основе биоценоза

Биоценозы обрастаний развиваются в водоемах и водотоках различных природных зон. Их видовой и количественный состав, период наиболее активного развития имеют индивидуальную специфику, определяемую количеством солнечной радиации, поступающей на землю в данном регионе, температурой воды, степенью трофности водоема.

В естественных условиях гидробиоценозы формируются оседанием сестона на субстрат. В водоемах, загрязненных хозяйственно–бытовыми и промышленными стоками, эти бактерии покрывают субстрат слизистым налетом. Анализ природного биоценоза в водоемах показывает, что в них широко распространены азотфиксирующие бактерии и денитрифицирующие группы, которые энергично разрушают соединения неорганического азота, фенола. В воде постоянны микроорганизмы, подвергающие деструкции нефтепродукты, обеззараживающие соли тяжелых металлов, пестициды и т.д. Эти бактерии в разных количествах имеются во всех водоемах. Внесение в водоем иммобилизованных субстратов создает предпосылки для концентрации этих групп бактерий на определенных участках, способствуя интенсификации деструкционных процессов и очищению воды. В отличие от существующих систем предварительной очистки воды, основанных главным образом на фильтрации, применение гидробиоценозов базируется на поглощении и минерализации гидробионтами взвешенных веществ, на которых сосредоточены техногенные загрязнения.

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задачей данного раздела дипломной работы является пример расчета капитальных затрат на строительство очистных сооружений для ЧТПЗ располагающегося в г. Челябинске Челябинской области.

Капитальные вложения – это вложения денежных средств предприятием в новое строительство и приобретение, реконструкцию, расширение и техническое перевооружение мощностей уже действующих объектов основных средств.

В работе предлагается строительство водоочистных комплексов полной заводской готовности, поставляемых ЗАО «Акваметосинтез» на объекты строительства, для того чтобы отказаться от услуг ООО «Водосбыт «ПАРКОВЫЙ» и использовать очищенную воду из озера Второго.

Ежегодно завод забирает воды на собственные нужды в количестве 770 тыс.м<sup>3</sup>/год, из сетей МУП ПОВВ

Стоимость 1 м<sup>3</sup> воды в МУП ПОВВ составляет 25,56 руб.

Стоимость очистных сооружений производительностью от 400 до 600 м<sup>3</sup>/сутки контейнерного исполнения полной заводской готовности (без РЧВ и строительных работ) – ориентировочно составляет сумму 500 тыс. евро [10]. При курсе евро 63,53 руб. на 25.05.2017 года стоимость возведения водоочистных комплексов составляет 31 765 000 руб.

Ежегодные затраты ЧТПЗ на покупку воды у МУП ПОВВ составляют:

$$Z_{\text{год}} = 770\,000 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} * 25,56 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3} = 19\,681\,200 \text{ руб. [5.1]}$$

При наличии предлагаемых водоочистных комплексов стоимость очистки 1м<sup>3</sup> воды будет составлять 5 руб. Таким образом затраты на 770 000 м<sup>3</sup>/год составят:

$$Z_{\text{год}}^1 = 770\,000 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} * 5 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3} = 3\,850\,000 \text{ руб. [5.2]}$$

Таким образом экономия средств составляет:

$$\Delta = 19\,681\,200 \text{ руб.} - 3\,850\,000 \text{ руб.} = 15\,831\,200 \text{ руб. [5.3]}$$

При строительстве водоочистных комплексов стоимостью 31 765 000 руб. и при экономии средств, вследствие их использования в размере 15 831 200 руб., строительство данных водоочистных комплексов окупиться за 2 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы была определена схема повторного использования воды через систему озер, исследованиями и расчетами установлен солевой состав стоков поступающих в озера Первое, Второе и Шелюгино.

Система озер Шелюгино–Второе является существенными фактором в процессах доочистки стоков.

Высокая водная растительность значительно может интенсифицировать самоочищения в системе озер, особенно в теплый период времени, в том числе и от таких элементов, как азот и фосфор.

Выбраны исходные данные для прогнозирования солевого состава воды системы и дана ее характеристика.

Дана методика прогнозирования и получен результат прогноза по основным компонентам минерализации воды озер по трем исходным вариантам.

По полученным результатам прогноза дан анализ вариантов и предложен дополнительный вариант – III «б», по которому предусмотрен сброс части стоков промышленной канализации ТЭЦ-1, ЧТПЗ и ЧКПЗ в хозяйственно–бытовую канализацию Северо–Западного района Челябинска.

					<i>ЮУрГУ–08.03.01.2017.305–04.248 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		80

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Водный кодекс РФ от 03.06.2006 №74–ФЗ.
- 2 Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения от 18.01.2010. // «Водоснабжение и санитарная техника». – 1965. – №5. – С.10–11.
- 3 СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Издательство стандартов, 2002.
- 4 СанПиН 2.1.5.980–00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод – М.: Изд-во стандартов, 1996.
- 5 Биологическое самоочищение и формирование качества воды. – М.: Наука. 1975.
- 6 Биоценозы обрастаний в качестве поглотителя. – М.: Изд. МГУ. 1961.
- 7 Гвоздяк, П.И. Микробиология и биотехнология очистки воды // Химия и технология воды. – Т.11. №9.
- 8 Глоба, Л.И. Качество питьевой воды. Проект, который предстоит реализовать // Вестник АН СССР. – 1991. – №4.
- 9 Кривицкий, С.В. Методы биоинженерной геоэкологии при проведении экологической реабилитации природных объектов/Вестник МГСУ, 2009. – № 4. – С.285–291.
- 10 Миклашевский, Н.В. Ультрафильтрация и обратный осмос. Очистка природных и сточных вод / В.Н. Миклашевский, Т.С. Муравьева – ЗАО «АКВАМЕТОСИНТЕЗ», Санкт–Петербург. – 1–6 с.
- 11 Орехов, Г.В. Водные объекты на урбанизированных территориях и инженерные системы замкнутого водооборота // Экология урбанизированных территорий. 2008. № 2. С. 88–93.
- 12 Поколотная, М.Н. Рекреационный потенциал и экологическое состояние харьковских рек // Вестник Харьков. Нац. ун–та. – Сер. Геология, география, экология. – Вып. 455. – Х.: Основа, 1999. – С. 156–158.
- 13 Полякова, Э.Г. Разработка системы мероприятий по управлению качеством воды и состоянием водохранилищ Челябинской области: отчет / Э.Г. Полякова, Ю.В. Дубницкая. – Челябинск., 2003. – 455 с.
- 14 Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат. 1977.
- 15 Самоочищение воды и миграция загрязнений по трофической цепи. – М.: Наука. 1984.
- 16 Унифицированные методы исследования качества воды: Методы биологического анализа. – М.: СЭВ. 1976 – Ч.3.
- 17 Отбор проб. – [http://www.rossalab.ru/images/news/kkp\\_02\\_2014\\_1.pdf](http://www.rossalab.ru/images/news/kkp_02_2014_1.pdf).
- 18 Охрана окружающей природы – [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/52/52570/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/52/52570/index.htm).
- 19 Очистка промышленных сточных вод – <http://www.vo-da.ru/articles/>.

					<b>ЮУрГУ–08.03.01.2017.305–04.248 ПЗ ВКР</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

<http://www.km.ru/referats/16DC9B3A25844C8D97CF3FB6AF46E2C4>.

					<i>ЮУрГУ–08.03.01.2017.305–04.248 ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82