

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 20.04.02 «Природообустройство и водопользование»
Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Анализ эколого - экономической и технологической эффективности водопользования в зоне влияния Томского подземного водозабора
УДК 628.112:504.4(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Сельский Владимир Вадимович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГИГЭ	Попов В.К.	д. г- м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф И.В.	к. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Немцова О.А.			

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИЯПР	Матвеев И.А.	д. фил. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. каф. ГИГЭ	Гусева Н.В.	к. г- м. н.		

Результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Использовать <i>фундаментальные</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные <i>знания в области специализации</i> при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов сооружения и реконструкции объектов природообустройства и водопользования	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-1, ПК-2) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Ставить и решать научно-исследовательские и <i>инновационные</i> задачи инженерных изысканий для проектирования объектов природообустройства и водопользования <i>в условиях неопределенности</i> с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных</i> знаний	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-3, ПК-4, ПК-5) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Выполнять <i>инновационные</i> проекты, эксплуатировать объекты природообустройства и водопользования с применением <i>фундаментальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов для достижения <i>новых</i> результатов, обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ПК-6, ПК-8) Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	<i>Разрабатывать</i> на основе <i>глубоких и принципиальных</i> знаний программы мониторинга объектов природообустройства и водопользования, мероприятия по снижению негативных последствий антропогенной деятельности в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р5	Планировать, организовывать и выполнять <i>исследования</i> антропогенного воздействия на компоненты природной среды, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с помощью <i>глубоких и принципиальных</i> знаний и оригинальных методов	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ПК-9, ПК-10) Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р6	Профессионально выбирать и использовать <i>инновационные</i> методы исследований, современное научное и техническое оборудование, программные средства для решения научно-исследовательских задач с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-11, ПК-12, ПК-13) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные компетенции</i>		
Р7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного <i>менеджмента</i> , находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области природообустройства, водопользования и охраны природной среды	Требования ФГОС ВПО (ОК-6, ОК-7, ПК-1, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п.2.1, 2.4) согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р8	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и <i>инновационной</i> деятельности.	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-3, ОК-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве <i>руководителя группы</i> , в том числе и <i>международной</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать <i>ответственность за работу коллектива</i> , готовность следовать профессиональной этике и нормам, <i>корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВПО (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ПК-1) Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р10	Демонстрировать <i>глубокое знание</i> правовых, социальных, экологических и культурных аспектов <i>инновационной</i> инженерной деятельности, <i>осведомленность</i> в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть <i>компетентным</i> в вопросах <i>устойчивого развития</i>	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ПК-12). Критерий 5 АИОР (пп. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р11	<i>Самостоятельно</i> приобретать с помощью новых информационных технологий <i>знания и умения</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки	Природообустройство и водопользование
Кафедра	Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Гусева Н.В.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ41	Сельский Владимир Вадимович

Тема работы:

Анализ эколого - экономической и технологической эффективности водопользования в зоне влияния Томского подземного водозабора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.03.2015, N 1717/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Литературные данные, данные химического состава сточных вод сбрасываемых в р.Кисловка</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Природные условия исследуемого района 2. Характеристика состояния и основные закономерности изменения химического состава подземных вод 3. Анализ технологической эффективности водопользования 4. Анализ эколого - экономической эффективности водопользования 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.

<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема артезианских скважин, водоводов 1 и 2 подъемов и станции обезжелезивания подземного водозабора г. Томска 2. Движение воды на станции обезжелезивания Томского подземного водозабора 3. Схема работы скорого фильтра 4. Схема сооружений насосно-фильтровальной станции 5. Возможные пути утилизации отходов 6. Оказание услуг населению сельских округов Обь-Томского междуречья в сфере хозяйственно-питьевого водоснабжения 7. Концентрация веществ в контрольном створе и размер вреда, причиненный водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод
<p align="center">Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p align="center">Раздел</p>	<p align="center">Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кандидат экономических наук, доцент кафедры ЭПР, Шарф Ирина Валерьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент кафедры ЭБЖ, Немцова Ольга Александровна</p>
<p>Иностранный язык</p>	<p>Доктор филологических наук, доцент кафедры ИЯПР, Матвеевко Ирина Алексеевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке: Приложение А</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГИГЭ	Попов Виктор Константинович	д.г- м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Сельский Владимир Вадимович		

Реферат

Магистерская диссертация включает в себя: 208 страниц, 34 рисунка, 32 таблицы, 82 источников литературы, 18 формул, 1 приложение, 6 графических листов.

Ключевые слова: анализ, эколого-экономическая и технологическая эффективность, Обь-Томское междуречье, подземные и поверхностные воды, химические элементы, водоподготовка, улавливание, утилизация, водоснабжение, плата, стоимость, эффективность водопользования, водохозяйственные и водоохранные мероприятия.

Цель работы – проанализировать эколого-экономическую и технологическую эффективность водопользования на исследуемой территории.

Объектом исследования являются Томский подземный и поверхностный водозаборы и их работа.

Магистерская диссертация выполнена при помощи следующих программных обеспечений:

- Adobe Reader XI (для просмотра необходимой литературы в формате .pdf)
- Microsoft Office Word 2007 (для набора всей необходимой информации бакалаврской работы);
- Microsoft Office Excel 2007 (для построения графиков и диаграмм);
- CorelDRAW Graphics Suite X6 (для построения графических приложений);

В результате выполнения работы изучена работа Томского подземного водозабора. Рассмотрен процесс водоподготовки на исследуемой территории, а так же осадок, образующийся в ходе водоочистки. Изучено содержание химических элементов данного осадка и выявлены элементы превышающие предельно-допустимую концентрацию. Рассчитан размер платы за причиненный ущерб окружающей среде, а именно за сброс сточных вод. Так же была рассмотрена экономическая часть водопользования в виде платы за воду и ее стоимости на исследуемой территории.

В итоге работы проанализирована эколого-экономическая и технологическая эффективность водопользования в зоне влияния Томского подземного водозабора.

Содержание

Введение.....	11
1 Природные условия исследуемого района.....	13
1.1 Географическое положение.....	13
1.2 Климат.....	14
1.3 Рельеф.....	23
1.4 Растительность и животный мир.....	25
1.5 Почвы.....	26
1.6 Гидрогеологическое состояние территории Обь - Томского междуречья.....	26
1.6.1 Геологическое строение.....	26
1.6.2 Поверхностные воды Обь - Томского междуречья и их состояние.....	34
1.6.3 Ресурсы подземных вод: качество, запасы.....	36
1.7 Характеристика техногенной нагрузки на окружающую среду Обь – Томского междуречья.....	38
2 Характеристика состояния и основные закономерности изменения химического состава подземных вод.....	42
2.1 Оценка состояния подземной гидросферы Обь - Томского междуречья.....	42
2.1.1 Водоносный комплекс трещинных вод палеозойского фундамента (Pz).....	43
2.1.2 Водоносный комплекс меловых отложений (K1-2).....	44
2.1.3 Водоносный комплекс палеогеновых отложений (P2- 3).....	47
2.1.4 Водоносный горизонт неогеновых отложений (N2 кc).....	53
2.1.5 Водоносный горизонт четвертичных отложений (aQIII- IV).....	54

2.2	Содержание важнейших химических элементов в водах Обь – Томского междуречья.....	62
2.3	Оценка уязвимости природных вод Обь - Томского междуречья.....	79
3	Анализ технологической эффективности водопользования.....	90
3.1	Сооружения Томского подземного водозабора.....	90
3.2	Проблемы возникающие в ходе работы водозабора и возможные пути их решения.....	93
3.3	Улавливание и утилизация осадков.....	102
3.3.1	Станция обезжелезивания.....	102
3.3.2	Насосно-фильтровальная станция.....	106
4	Анализ эколого - экономической эффективности водопользования.....	109
4.1	Эколого-экономические аспекты водопотребления.....	109
4.2	Экономические особенности организации водоснабжения.....	116
4.2.1	Социально-экономические аспекты водопотребления на Обь – Томского междуречья.....	116
4.2.2	Стоимость воды и плата за воду.....	124
4.2.3	Прямая денежная оценка воды.....	129
4.2.4	Прямая нерыночная оценка воды.....	134
4.2.5	Косвенная нерыночная оценка воды.....	135
4.3	Эффективность водохозяйственных и водоохраных мероприятий.....	138
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	149
6	Социальная ответственность.....	157
	Заключение.....	171
	Список используемой литературы.....	173
	Приложение А.....	182
	Приложение Б	

Приложение В

Приложение Г

Приложение Д

Приложение Е

Приложение Ж

Введение

Данная работа посвящена анализу технологической и эколого-экономической составляющих водопользования на Обь-Томском междуречье.

Главной особенностью водопотребления в Томской области является использование подземных вод в качестве питьевого водоснабжения. Это обусловлено сильной загрязненностью поверхностных вод.

Подземные воды территории Обь-Томского междуречья достаточно надежно защищены слабопроницаемыми глинистыми отложениями от поверхностного загрязнения, но не смотря на это и они по качеству не удовлетворяют требованиям потребителя. Повсеместно в них наблюдается характерное для Западно-Сибирского региона высокое содержание железа, марганца, а на отдельных участках – азотсодержащих веществ и фенолов.

Наиболее остро экологическая проблема состоит в очистке артезианской воды Томского месторождения подземных вод на подземном водозаборе. С момента эксплуатации, а именно с 1973 г. и по настоящее время, в р. Кисловка сбрасывается огромное количество осадка водоподготовки составляющее около 600 тонн в год. Так как р. Кисловка протекает на особо охраняемой пригодной зоне междуречья, это еще более усугубляет данную проблему. Сброс осадка обусловлен технологической неэффективностью. При проекте сброс планировался на иловые поля, но в ходе работы для выпадения частиц было недостаточно 3 предусмотренных проектом часов. Если отстаивание производить дольше, то появляется возможность повторного бактериологического загрязнения. В конечном итоге проблема улавливания и утилизации осадка станций водоподготовки имеет глобальную экологическую проблему из-за технологической неэффективности.

Так же данная проблема существует и на водозаборе поверхностных вод г.Томска для технических целей из р.Томь. Технология водоочистки на этом водозаборе предусматривает сброс осадка в реку Томь, что так же

представляет экологическую проблему из-за технологической неэффективности.

Эффективность экономической системы напрямую зависит от эффективности производства, социальной сферы, эффективности государственного управления. Проблема эффективности производства имеет место быть из-за технологии водоподготовки. Существуют проблемы с водоснабжением, а именно с качеством воды, что приводит к недовольствам в социальной сфере из-за отношения цена/качество. Экономическую эффективность возможно повысить благодаря дополнительному доходу от осадка водоподготовки. Дополнительный доход сможет обеспечить усовершенствование технологий водоочистки, уменьшить экологический ущерб окружающей среде, повысить качество питьевой воды не повышая цену на нее..

Потребность в воде возрастает с каждым днем, соответственно и цены на нее. У воды, как жизненно необходимого товара, в настоящий момент, с одной стороны, нет всех черт полноценного товара, а с другой стороны – отличается только неэластичным характером потребления. В теоретическом отношении обоснование полной экономической ценности воды – как жизненно необходимого товара с неэластичным спросом – имеет общенациональное значение.

Элементы ценообразования представляют собой инструменты для регулирования рационального потребления и расходования воды и формирования полноценного рыночного обмена.

Благодаря исследованиям проведенным в данной работе появляется возможность разработки эффективного использования ресурсов, в частности подземных вод и других ресурсов образованных в ходе водоподготовки. Так же появляется возможность проанализировать качество использования природных ресурсов в зоне влияния Томского подземного водозабора. С помощью данного исследования можно понять истинное отношение к

природным ресурсам, а так же оценить программу по их дальнейшему использованию и программы которые связаны с процессом водоподготовки.

Целью данной работы является анализ эколого-экономической и технологической эффективности водопользования на исследуемой территории.

Исходя из цели данной работы, поставлены следующие задачи:

- Изучить теоретический материал связанный с исследуемой территорией и водопользованием на данной территории;
- Изучить работу Томского подземного водозабора с точки зрения влияния на окружающую среду;
- Изучить технологию водоподготовки на исследуемой территории;
- Рассмотреть деятельность водозабора по экономическим аспектам;
- Оценить эффективность использования материала полученного в результате водоподготовки;
- Проанализировать результат эколого-экономической эффективности водоподготовки;
- Проанализировать результат технологической эффективности водоподготовки.

1 Природные условия исследуемого района

1.1 Географическое положение

Томский район расположен в Томской области, а именно в ее юго-восточной части. В двух промышленных центрах г. Томск и г. Северск проживает более половины населения Томской области. Население Томского района составляет около 70 тысяч человек.

Район граничит с Кемеровской областью на юге, с Асиновским и Кривошеинским районами на севере, с Кожевниковским и Шегарским районами на западе, на востоке – с Асиновским и Зырянским. Площадь района составляет – 10 064,2 км², из них 75 % занимают леса.

Благодаря удачному географическому положению и близости к областному центру, Томский район является наиболее густонаселенным и одним из самых экономически развитых в Томской области. На данный момент в административном центре района г. Томск действуют предприятия различных отраслей промышленности. Основным занятием населения является земледелие, животноводство, лесной промысел, торфоразработки.

Основными транспортными магистралями являются автомобильные дороги с асфальтовым покрытием Томск – Победа – Колпашево, Томск – Моряковка, Томск – Юрга, Томск – Кузовлево. Существует множество грунтовых проселочных дорог. В летнее время транспортными магистралями служат реки Обь и Томь. Судоходство по ним осуществляется с первой декады мая по октябрь. Расстояние до столицы Российской Федерации г. Москва – 3,5 тыс. км.

Большая часть населенных пунктов и социально– оздоровительных зон (профилактории, санатории, дома отдыха) сосредоточены в долинах рек Томи и Оби. Множество различных садово–огороднических товариществ находятся на территории Обь–Томского междуречья. В связи с интенсивным развитием сельского хозяйства и созданием крупных сельскохозяйственных предприятий в конце семидесятых – начале восьмидесятых годов был создан и передан в эксплуатацию ряд крупных мелиоративных систем (Рыбаловская,

Чернореченская, Березкинская), из которых в настоящее время действует только Чернореченская.

Томский район богат полезными ископаемыми. Здесь распространены месторождения угля, песков строительных, белой глины (кирпичная и керамическая), крупные месторождения песчано–гравийной смеси, полудрагоценных камней, месторождения редкоземельных металлов (сурьмы, цинка), титана, бокситов, циркония, золота и т.д.



Рисунок 1.1– Схема расположения района

1.2 Климат

Климат района переходный, от европейского умеренно континентального к сибирскому резко континентальному (континентально–циклонический) с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. В циркуляционных процессах участвуют арктические и умеренные воздушные массы, а летом – и тропические.

Годовой ход температуры почвы

Таблица 1.1 - Средняя температура поверхности почвы (месячная и годовая), (°C) [1]

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
Тем - ра	-20	-20	-11	0	11	20	23	17	10	0	-11	-18	0

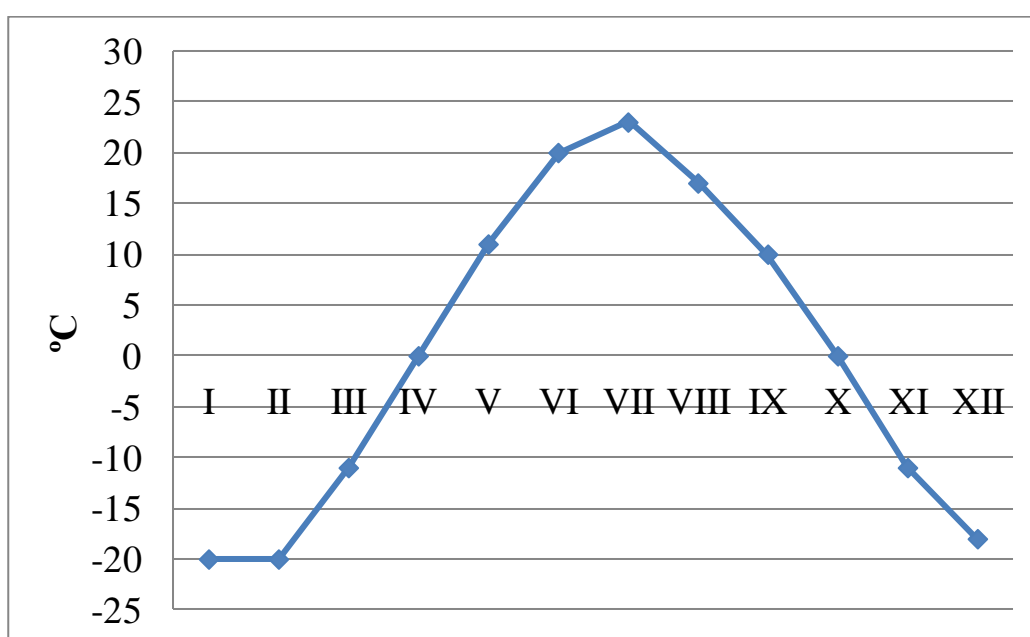


Рисунок 1.2 - Годовой ход температуры поверхности почвы ст. Томск

Кривая годового хода температуры поверхности почвы имеет вид с и двумя минимумами и одним максимумом. С января по февраль температура поверхности почвы не изменяется. Резкое возрастание температуры наблюдается с февраля по июль от -20 °C до 23 °C, с июля по декабрь резко уменьшается с 23 °C до -18 °C.

Годовой ход температуры воздуха

Таблица 1.2 - Средняя температура воздуха (месячная и годовая), °С

[1]

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
Тем - ра	-19,1	-16,9	-9,9	0,0	8,7	15,4	18,3	15,1	9,3	6,8	-10,1	-17,3	-0,5

Таблица 1.3 - Абсолютный минимум температуры воздуха, °С [1]

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
Тем - ра	-55	-51	-42	-31	-18	-4	2	-2	-8	-29	-48	-50	-55

Таблица 1.4 - Абсолютный максимум температуры воздуха, °С [1]

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
Тем - ра	4	7	14	27	32	35	35	34	30	25	11	7	35

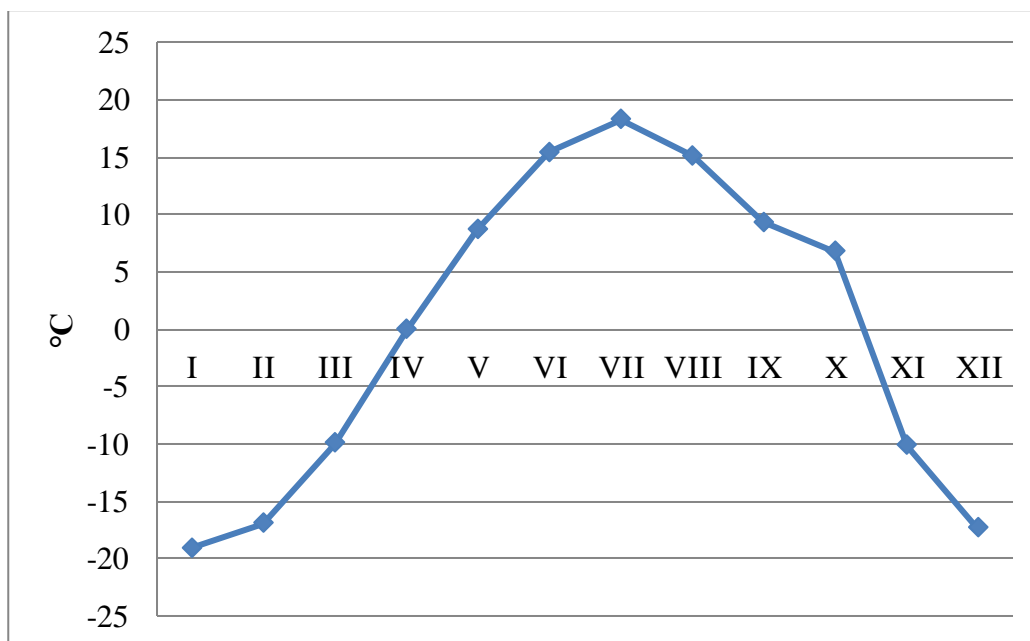


Рисунок 1.3 – Годовой ход температуры воздуха на ст. Томск

В периоды с февраля по июль и с августа по декабрь наблюдаются наиболее интенсивные изменения температуры воздуха в годовом ходе. Минимум составляет $-19,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, который наблюдается в январе и максимум в июле $18,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум равен $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в январе), а абсолютный максимум составляет $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в июле).

Влажность воздуха

Влажность воздуха характеризуется упругостью водяного пара (или парциальное давление водяного пара), относительной влажностью воздуха, а также дефицитом влажности (недостатком насыщения воздуха водяным паром). Содержание водяного пара в атмосфере сильно меняется из-за времени года и циркуляционных условий, физико-географических условий местности, состояния поверхности почвы и т.д. [2]

Основной характеристикой влажности является упругость водяного пара, которая представляет собой парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе.

Степень насыщения воздуха водяным паром характеризуется относительной влажностью воздуха. В свою очередь относительная влажность воздуха – это отношение фактической упругости водяного пара к

упругости насыщенного воздуха при той же температуре, выраженное в процентах.

Недостаток насыщения, или дефицит влажности – разность между насыщающей и фактической упругостью водяного пара [2].

Таблица 1.5 - Средняя месячная и годовое парциальное давление водяного пара, гПа [1]

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
<i>Парциальное давление</i>	1,4	1,5	2,4	4,4	6,2	11,8	15,4	13,3	9,0	5,2	2,8	1,7	6,3

Таблица 1.6 - Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, % [1]

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
<i>Влажность</i>	78	76	72	65	60	67	73	78	77	78	81	80	74

Таблица 1.7 - Средняя месячный и годовой дефицит насыщения, гПа [1]

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
<i>Дефицит насыщения</i>	0,3	0,5	1,0	2,7	5,7	7,1	6,9	4,5	3,4	1,8	0,6	0,4	2,9

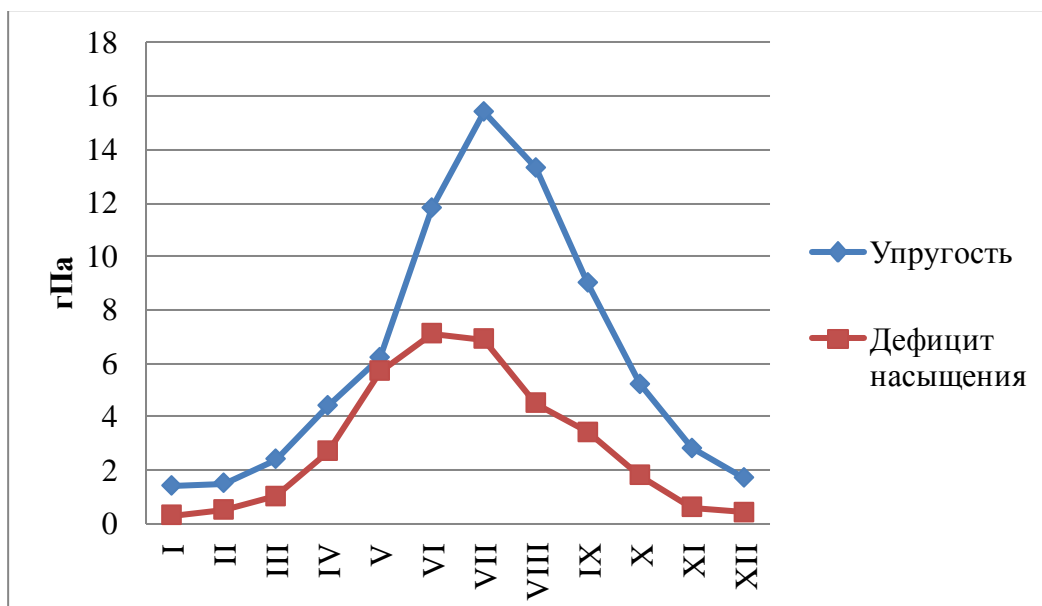


Рисунок 1.4 – Годовой ход упругости водяного пара и дефицита насыщения

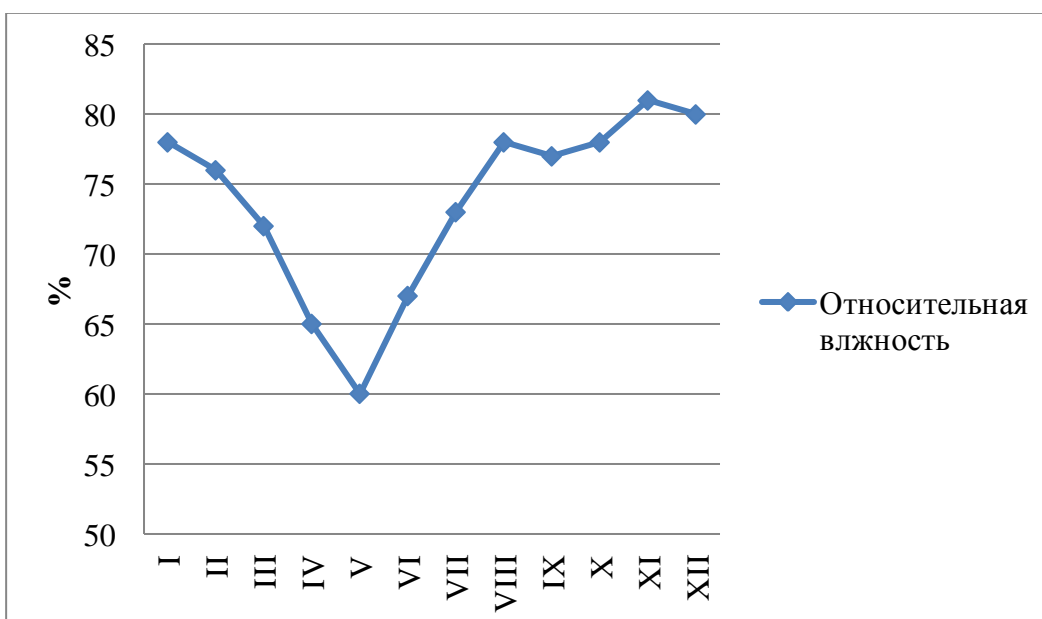


Рисунок 1.5 – Годовой ход относительной влажности воздуха.

Годовой ход упругости водяного пара имеет простой вид, один максимум в июле (15,4 гПа) и один минимум в январе (1,4 гПа). 14 гПа - амплитуда.

Годовой ход дефицита насыщения имеет вид где один максимум в июне (7,1 гПа) и один минимум в январе (0,3 гПа) с амплитудой 6,8 гПа.

Кривая годового хода относительной влажности воздуха для ст. Томск имеет простой вид. С максимумом в ноябре (80%) и минимумом в мае (60%). Амплитуда годового хода равна 20%.

Годовое количество осадков

Количество осадков определяется толщиной (в миллиметрах) слоя воды, который образуется на горизонтальной поверхности от выпавшего дождя, града, обильных рос, мороси, растаявшего снега, тумана, крупы при отсутствии стока, просачивания и испарения. При измерении осадков возникают несколько видов систематических ошибок которые представлены в виде испарения осадков из ведра за время между окончанием дождя и сроком измерения, потерь собранных осадков на смачивание осадкомерного ведра, а также ошибки прибора, связанные с влиянием ветра [2].

Таблица 1.8 - Месячное и годовое количество осадков (мм) с поправками на смачивание [1]

<i>Месяц</i>	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
<i>Осадки</i>	34	23	28	31	51	67	77	76	49	55	53	42	591

Таблица 1.9 - Месячное и годовое количество жидких (ж), твердых (т) и смешанных (с) осадков (мм) [1]

<i>Вид осадков</i>	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
<i>ж</i>			1	14	37	67	77	76	45	17	1		335
<i>т</i>	34	22	26	12	2				2	22	51	40	211
<i>с</i>		1	1	5	12				2	16	6	2	45

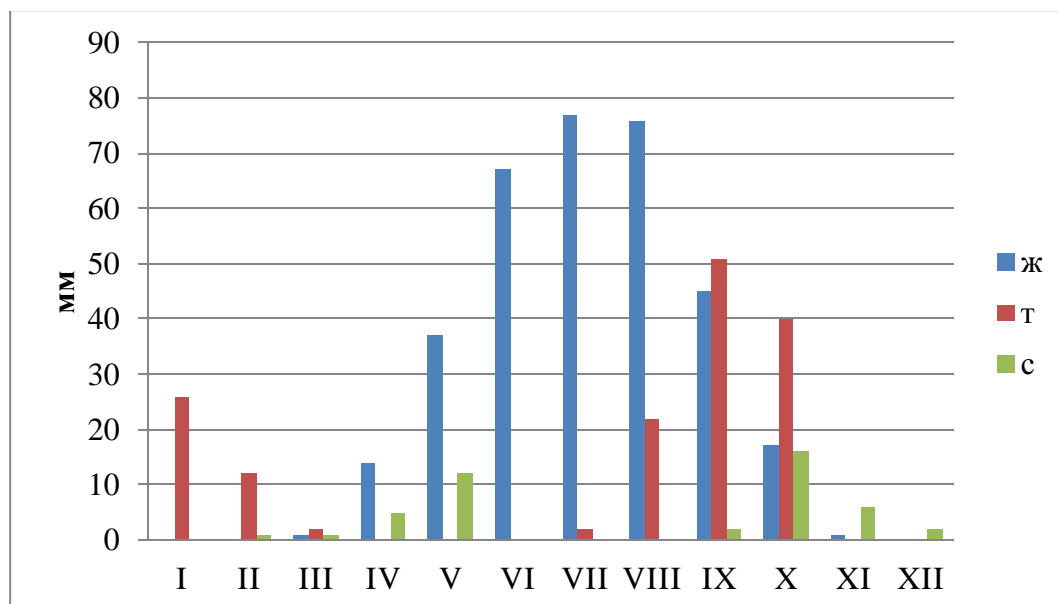


Рисунок 1.6 - Годовой ход осадков, мм

Годовое количество осадков на ст. Томск равно 591 мм. Осадки выпадают неравномерно в течении года. В летний период их выпадает больше. В феврале наблюдается минимум осадков - 23 мм, а максимум в июле и равен 77 мм.

Ветровой режим

Ветер представляет собой движение воздуха относительно земной поверхности и характеризуется скоростью и направлением перемещения. За направление ветра принимается то направление, откуда перемещается воздух [2].

Таблица 1.10 - Повторяемость направлений ветра и штилей, % [1]

месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
I	4	8	10	7	48	18	3	2	7
II	6	11	12	7	43	15	3	3	10
III	8	10	8	9	40	16	4	5	8
IV	11	10	10	8	29	14	9	9	6
V	18	9	8	6	23	13	11	12	8
VI	12	11	12	1	23	10	9	8	12
VII	14	17	18	12	19	7	5	8	17
VIII	12	14	14	14	18	11	9	8	16
IX	11	9	11	17	27	11	8	6	17
X	5	7	8	13	36	19	7	5	13
XI	4	4	6	11	41	24	7	3	12
XII	6	8	10	9	44	18	3	2	11
год	9	10	11	11	33	15	7	4	11

Таблица 1.11 - Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с [1]

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Скорость ветра	4,2	4,1	4,1	3,6	3,5	2,9	2,5	2,5	3	3,9	4,2	4,2	3,6

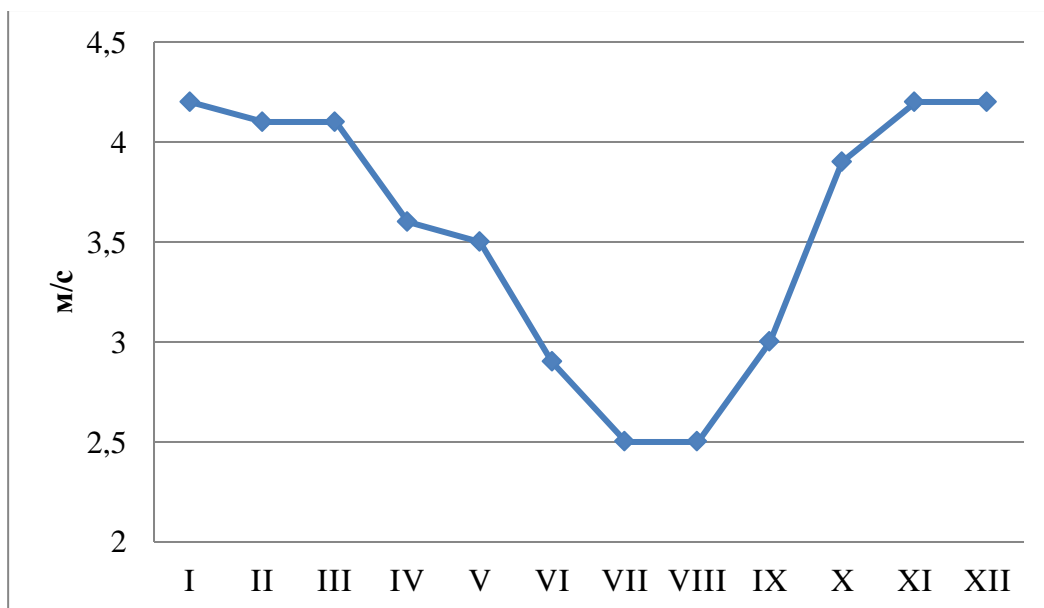


Рисунок 1.7 - Годовой ход скорости ветра

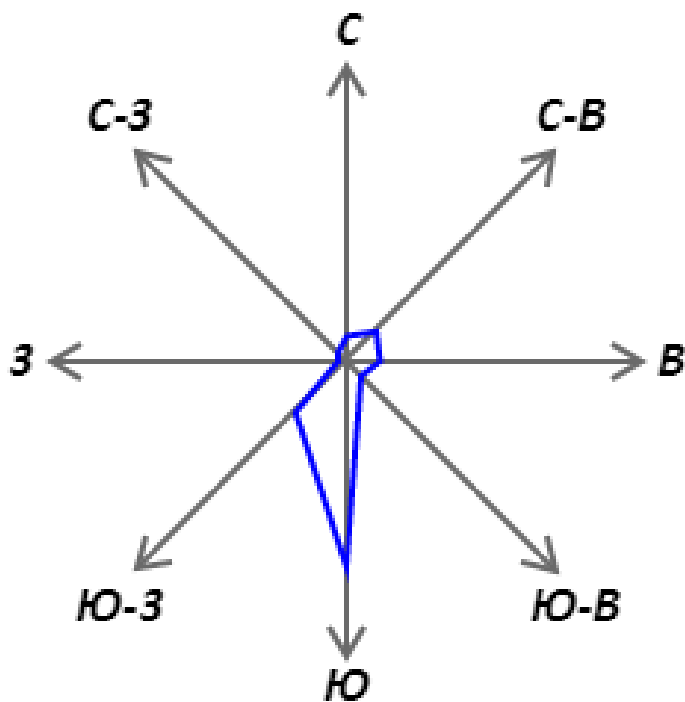


Рисунок 1.8 - Роза ветров для января [3]

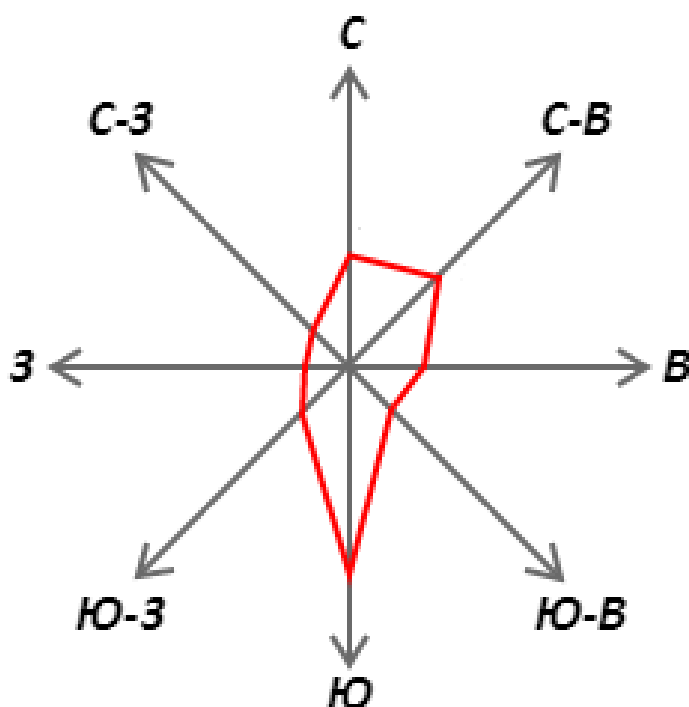


Рисунок 1.9 - Роза ветров для июля [3]

Среднегодовая скорость ветра составляет 3,6 м/с. В Томске преобладающими ветрами являются юго-западные и южные ветра.

1.3 Рельеф

В Томском районе формы рельефа делятся на две группы – водораздельного плато и речных долин. Относительное превышение водораздельного плато над главным базисом эрозии (р. Томь) составляет 100 – 120 м, а над местными (логами) – 15 – 60 м. В границах города 40% территории занимает западный склон Томь-Яйского междуречья. Поверхность междуречья представляет собой всхолмленную равнину четвертичного возраста, в которую врезана долина р. Томи с серией надпойменных террас и долины ее притоков.

Первая надпойменная терраса прослеживается по правому берегу вдоль всей долины р. Томи от устья Басандайки до устья Киргизки. Ширина ее колеблется от нескольких метров до 2,2 м (Черемошники). Высота над меженным уровнем составляет 8 – 12 м, абсолютная – 78-80 м. Благодаря строительству дамбы и антропогенным отложениям в среднем составляющим 1,5 – 3 м, эту территория стали называть террасой, хотя на самом деле – это высокая пойма.

Вторая надпойменная терраса наиболее развита в южной части города и менее – в северной на левобережье р. Киргизки. Абсолютная высота 90 – 95 м, относительная до 20 м. Третья надпойменная терраса протягивается полосой по междуречью Ушайка-Киргизка и включает «Воскресенскую» террасу на севере и «Лагерносадскую» – на юге. Абсолютные высоты колеблются от 120 – 126 на юге до 115 – 120 на севере. Четвертая надпойменная терраса широко распространена в пределах города и занимает значительную часть междуречий Томь-Ушайка и Ушайка-Киргизка.

Обь-Томское междуречье

Обь-Томское междуречье - это плоская, слабо расчлененная озерно-аллювиальная равнина среднечетвертичного возраста с неглубоким на юге и глубоким на севере залеганием палеозойских пород. Абсолютные отметки составляют 110 – 202 м. Максимальные высоты приурочены к водораздельной линии деревня Березовая Речка – деревня Чичаг, которая сдвинута в сторону реки Обь. Левая часть междуречья относительно крутая, высокая, а правая – низкая и пологая. Это объясняется тем, что восточный склон равнины в прошлом размывался и снижался левыми притоками реки Томь, а западный в это время подвергался более интенсивному размыву реки Обь. Углы наклона в среднем составляют 0,006 – 0,01, коэффициент горизонтального расчленения 0,25-0,30 км/км, вертикального расчленения 7 – 12 м/км.

В пределах междуречья выделяются следующие относительно крупные геоморфологические структуры:

- междуречная равнина среднечетвертичного возраста.
- ложбины древнего стока
- надпойменно-террасовые комплексы рек Обь и Томь

Из мезоформ рельефа отмечаются овраги, лога, глубоко врезанные долины рек Чичаг, Кирева, Порос, представляющие собой результат неотектонических движений.

Особенностью геоморфологии междуречья является присутствие здесь комплекса ложбин древнего стока, причем две из них – Самусьская и Чернореченская наиболее изучены. Ложбины хорошо выражены в рельефе; выполнены в основном песчаными отложениями. Котловинообразные по форме ложбины стока заняты крупными болотными системами. Степень заболоченности в южной части междуречья составляет 20 – 22 %, а в северной половине междуречья – 5 – 6 %. Из мезоформ ложбин древнего стока отмечаются дюны и гряды, образующие своеобразный дюнно-грядовой рельеф. Эти мезоформы имеют строго северо-восточное простирание.

К междуречной равнине примыкают поймы рек Обь и Томь, представленные грядово-ложбинным рельефом. Отложения пойм представлены в верхней части суглинистым материком, залегающим на песчано-гравийных отложениях.

1.4 Растительность и животный мир

По геоботаническому районированию территория Обь-Томского междуречья относится к Евроазиатской хвойно-лесной области Европейско-Сибирской подобласти темно хвойных лесов. Растительный покров здесь разнообразен и находится в тесной связи с рельефом, характером почвенного покрова, водным режимом, деятельностью человека и др. факторами.

На подзолистых и дерново-подзолистых почвах легкого механического состава произрастают лишайниковые сосновые боры, чередующиеся с вторичными осиново-березовыми высокотравными лесами. Из травянистых на подзолистых почвах растут черничник, брусничник, белые мхи, ягель, реже вейник и кипрей. Представители темнохвойных (ель, пихта, кедр) с примесью лиственных встречаются по берегам малых рек на торфяно-болотных почвах. Для пойм рек Оби и Томи характерно обилие кустарниковых (тальника, смородины, черемухи). Обширные площади заняты разнотравными лугами. На правом берегу р. Томи и левобережье р. Оби развиты березняки паркового типа и суходольные луга.

На серых лесных почвах преобладают лиственные осиново-березовые леса, с пышной травяной растительностью из клевера, вейника, пырея и др. На поверхности болот произрастают карликовая береза, багульник, вереск, сфагновые и гипновые мхи, осока, тростник и др.

Имеются кедровники в районе поселков: Губино, Зоркальцево, Лаврово, Большие Ключи.

Такая флора позволяет не только сохранять, но и поддерживать высокую численность различным видам животных, а именно млекопитающих, амфибий, рептилий, насекомых, птиц и т. д.

1.5 Почвы

По комплексу природных факторов изучаемая территория относится к Обь-Томскому району. Здесь выделяются следующие типы почв: торфяные, пойменные, подзолистые, серые лесные и на отдельных участках - черноземы. Все типы почв формируются на соответствующих почвообразующих породах, характеризуются определенным растительным сообществом и приурочены к определенным формам рельефа.

По генезису все почвы района работ относятся к автоморфному, полугидроморфному и гидроморфному классам.

1.6 Гидрогеологическое состояние территории Обь-Томского междуречья

1.6.1 Геологическое строение

Стратифицированные палеозойские образования района представлены нижнекембрийскими вулканогенно-осадочными породами северного продолжения Кузнецкого Алатау, осадочными и вулканогенно-осадочными девонскими и каменноугольными отложениями Колывань-Томской складчатой зоны, а также девонскими, каменноугольными и пермскими отложениями Кузнецкого бассейна. Платформенный чехол, перекрывающий дислоцированные образования палеозоя, слагается осадками юрской, меловой, палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем [4].

Девонские отложения

Девонские отложения территории представлены отложениями митрофановской свиты среднего девона и пачинской и юргинской свит - позднего девона.

Митрофановская свита (D2mt) залегает в основании разреза девонских стратифицированных отложений и слагает крайнюю восточную часть рассматриваемой территории. В пределах района породы свиты залегает на глубине 25-30 м под чехлом четвертичных отложений. К северу и к югу свита обнажается в выходах фундамента (Омутнинский и Тайгинский выступы). Основание свиты не вскрыто, ее мощность составляет не менее 1000 м. Среднедевонский живетский возраст отложений установлен по фауне брахиопод в линзах известняков в верхней части разреза свиты. Митрофановская свита перекрывается пачинской свитой, содержащей фауну франско-фаменского возраста.

В составе свиты преобладают лавы базальтов, базальтовых порфиритов и их туфы пепловой, псаммитовой и реже псефитовой структуры. В подчиненном количестве за пределами площади встречаются кислые вулканиты (риолиты, риодациты), линзы известняков и известковистые туфоосадочные породы. В зонах тектонических нарушений базальты преобразованы в метабазальты с реликтами порфириковой структуры.

Пачинская свита (D3рс) является одним из наиболее мощных стратонев Колывань-Томской зоны. В пределах территории опробования она слагает ее восточную половину и центральную часть Томь-Яйского водораздела. Свита вскрыта скважинами на глубине 30-60 м под чехлом палеоген-четвертичных отложений. Единичные коренные обнажения встречены в эрозионном врезе верхнего течения р. Ушайка. Отложения пачинской свиты залегают на вулканогенных породах митрофановской свиты и перекрываются песчано-сланцевыми отложениями юргинской свиты. Возраст пачинской свиты определен по небогатой фауне брахиопод как франско-раннефаменский.

В составе пачинской свиты выделяются три подсвиты, отличающиеся литолого-фациальными признаками. Нижняя представлена толщей аргиллитов светло-серых, зеленоватых, кремнистых с маломощными прослоями алевролитов и песчаников. Песчаники кварц-полевошпатовые, слабосортированные с примесью туфогенного материала. Средняя подсвита представлена толщей аргиллитов и алевролитов с конкрециями фосфоритов. Аргиллиты темно-серого, черного цвета битуминозные углистые. Верхняя подсвита представлена серыми алевролитами с прослоями известняков. Известняки тёмно-серые, глинистые, алевритистые, слоистые.

Юргинская свита (D3jur) прослеживается в виде полосы шириной до 5 км субмеридионального простирания в центральной части. По данным колонкового бурения свита залегает под чехлом палеоген - четвертичных отложений на глубине 5-15 м, реже до 30 м. Коренные обнажения юргинской свиты встречаются в эрозионных врезх верхнего течения р. Ушайка и р. Басандайка и их притоков.

С постепенным переходом она залегает на пачинской свите и согласно перекрывается саломатовско-ярскими отложениями. Мощность свиты около 1000 м. Породы характеризуются богатым комплексом ископаемых брахиопод позднефаменского возраста.

Юргинская свита слагается песчаниками, алевролитами, аргиллитами.

Каменноугольные отложения

Отложения каменноугольной системы представлены прибрежно-морским терригенным разрезом инской серии турнейско-визейский возраста и лагунно-континентальным угленосным разрезом серпуховско-башкирского возраста.

Саламатовская и ярская толщи нерасчлененные (D3sl–C1jar) лежат в основании нижнекаменноугольного разреза. Они прослеживаются в виде полос северо-восточного простирания, шириной от 2 до 4 км в западной части территории, обнажаясь в эрозионных врезх долин основных

водотоков и цоколях надпойменных террас. На водоразделах глубина залегания толщи составляет 30-70 м.

Породы толщи слагают крылья Петуховской синклинали и узкие (700-900 м) ядра антиклинальных складок на северо-западе площади. Отложения нерасчлененной толщи согласно залегают на юргинской свите и перекрываются лагерносадской свитой. В прослоях содержится довольно разнообразная фауна брахиопод хорошей сохранности, встречаются одиночные кораллы, пелециподы, наутилоидеи и членики морских лилий. Мощность толщи достигает 2000 м.

В составе толщи преобладают серые, темно-серые алевритоглинистые, известково-глинистые, а в верхней части разреза - черные углеродисто-глинистые сланцы и темно-серые глинистые, слабоизвестковистые алевролиты. В зонах динамометаморфизма они филлитизированы. Алевролиты и сланцы переслаиваются с маломощными прослоями серых тонко- и мелкозернистых известковистых полевошпатовых кварцевых песчаников. В верхней части разреза толщи отмечаются слои тонко- и мелкозернистых светло-серых песчаников. В отложениях толщи наблюдается линзовидно-волнистая и косая слоистость, знаки волноприбойной ряби и зоны сингенетичной пиритизации (содержание пирита достигает 10%).

Лагерносадская свита(C1lg) развита в западной части в виде горизонтов шириной от 1.5 до 4.5 км северо-северо-восточного простирания. Отложения толщи обнажаются в эрозионных врезках долин основных водотоков и цоколях их надпойменных террас. По данным бурения глубина залегания свиты от поверхности обычно не превышает 20-40 м. Породы свиты слагают ядро Петуховской и узких синклиналей на северо-западе площади, а также крылья Корниловской синклинали.

Лагерносадская свита с плохо заметным переходом сменяет отложения нерасчлененной саламатовско-ярской толщи, поэтому граница между турнейскими и визейскими отложениями имеет несколько условный

характер. С признаками перемыва она перекрывается басандайской свитой. Фауна лагерносадской свиты немногочисленная, лишенная известковистых скелетов и встречается в отпечатках или ядрах. Мощность отложений лагерносадской свиты достигает 500 м.

Лагерносадская свита сложена темно-серыми, серыми, сизоватыми алевролитами, с прослоями зеленовато-серых тонко-мелкозернистых полевошпат-кварцевых песчаников, характерных в большей мере для верхней части разреза свиты. В зонах динамометаморфизма алевролиты преобразованы в глинистые сланцы. Отличительной особенностью свиты является небольшое количество известковистых пород в ее составе. Для нижней части разреза отмечено проявление линейно-горизонтальной слоистости. Для верхних горизонтов свиты характерны текстуры взмучивания и оползания с гнездообразными телами песчаников, и глинистыми окатышами. Присутствие мелкой крошки, гальки и линзочек глинистого вещества в прослоях песчаников указывают на процессы перемыва. Для пород верхней части разреза характерна линзовидно-косая и волнистая слоистость, наличие тонкой сыпи пирита и линз сидеритизированных пород. Формирование осадков лагерносадской свиты происходило в условиях лагунного полузамкнутого малоподвижного мелководного бассейна, характеризующегося условиями сероводородного заражения и достаточно крутого склона.

Басандайская свита (C1-2bs) завершает разрез палеозойского фундамента. Она слагает ядра синклиналиных складок на северо- и юго-западе участка. Коренные выходы пород свиты отмечаются в цоколе надпойменных террас р. М.Ушайка. Глубина залегания на водоразделах по данным бурения составляет 30-50 м. Осадки басандайской свиты с признаками размыва залегают на тонкотерригенных отложениях лагерносадской свиты и перекрываются чехлом палеоген-четвертичных отложений. Серпуховско – башкирский возраст свиты подтверждается

разнообразной фауной криноидей, мшанок, комплексом брахиопод и остатками наземной ископаемой флоры. Мощность свиты достигает 1100 м. Свита представлена песчаниками с подчиненным количеством прослоев алевролитов и глинистых сланцев. Песчаники светло-серые, зеленовато- и желтовато-серые, средне- и крупнозернистые, массивные, нередко с горизонтальной, косой и диагональной слоистостью.

Юрские отложения

Симоновская свита (K2 smn) залегает с размывом на поверхности итатской или кийской свит, но чаще непосредственно на домезозойских породах. С перекрывающими осадками сымской свиты граница нечеткая и устанавливается только по палинокомплексам. На значительной части площади симоновская свита перекрыта палеогеновыми и четвертичными отложениями. Средняя мощность свиты 50-70 м, максимальная - 120 м. Сложена она переслаивающимися песками и глинами с преобладанием последних в нижней половине разреза.

Глины преимущественно серые и темно-серые, плотные, аргиллоподобные, гидрослюдистые, гидрослюдисто-монтмориллонитовые и гидрослюдисто-каолинитовые, нередко с бурым растительным детритом. Слоистость чаще всего грубая, но иногда встречаются тонкие прослои ленточных горизонтальнослоистых глин.

Пески глинистые светло-серые до белых, мелко- и среднезернистые, состоят из кварца (35-80%) и каолинизированного полевого шпата (20-50%), с небольшой (до 5 %) примесью мусковита, иногда хлорита. Хорошо выражена слоистость, подчеркиваемая послойным распределением растительного детрита, прослойками глин и алевролитов. Каолинит в песках сохраняет исходную форму зерен полевых шпатов, что свидетельствует о каолинизации песков после осадконакопления.

Палеогеновые отложения

Палеогеновые отложения представлены нерасчлененными новомихайловской (P3nm) и лагернотомской (P3lt) свитами. Свиты сложены

пролювиально-аллювиальными, озерно-аллювиальными и озерно-болотными песчано-глинистыми осадками с включениями и линзами лигнитов.

Новомихайловская и лагернотомская свиты нерасчлененные (P3nm-lt) распространены преимущественно в северо-западной и западной части рассматриваемого участка. Они обнажаются в крутых береговых врезках основных водотоков территории и их притоков первого порядка. Олигоценый возраст новомихайловской и лагернотомской свит устанавливается на основании находок спорово-пыльцевых комплексов.

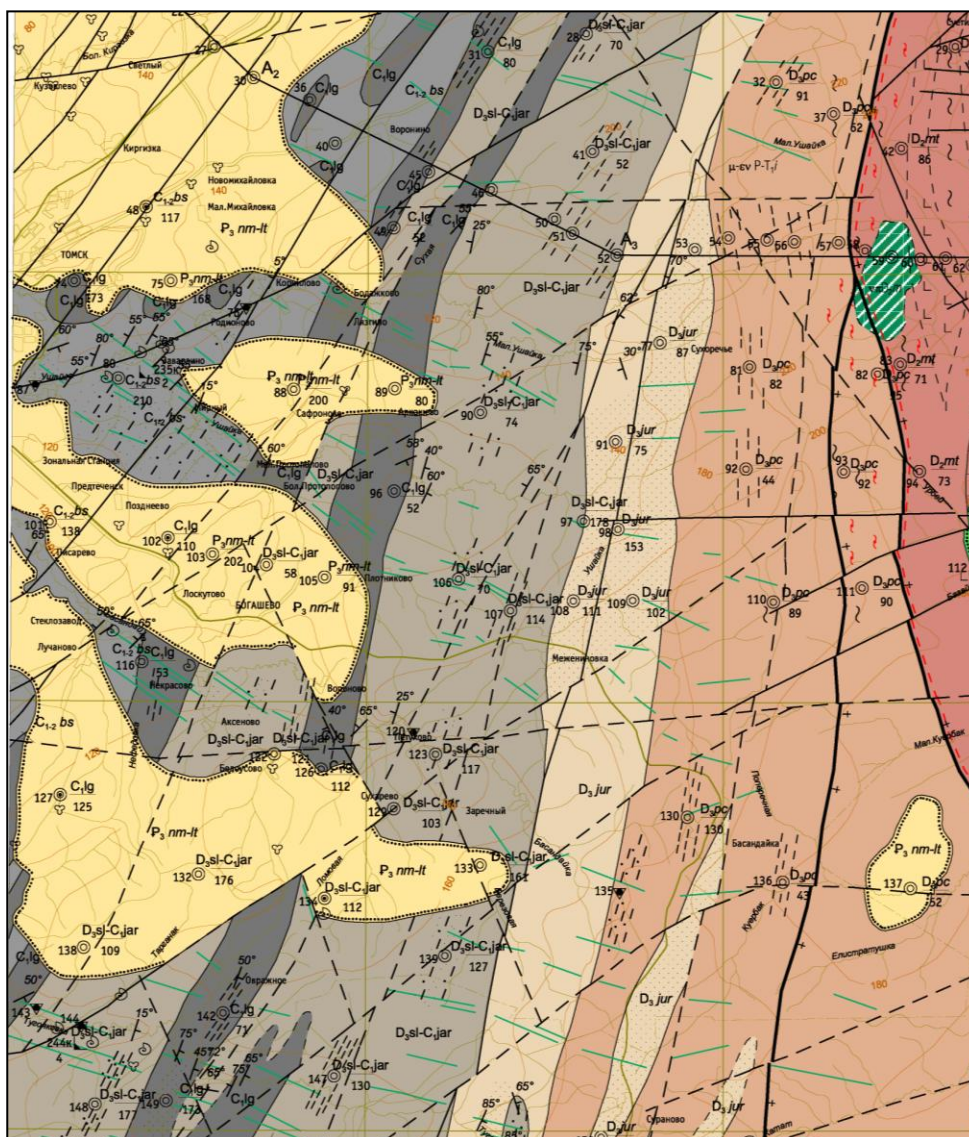
Новомихайловская и лагернотомская свиты сложены глинами, песками и алевритами с характерным присутствием включений, линз и прослоев лигнитов. Глины белесые, светло-серые, пепельные с желтоватым, зеленоватым и коричневым оттенком, каолинистые, алевритистые, нередко песчанистые, обычно неслоистые. Встречаются буроватые алевритистые глины с хорошо выраженной тонкой слоистостью и прослоями алеврито – глинистого песка. Пески светло-серые, палевые, иногда зеленовато – серые, тонко – среднезернистые полевошпатово – кварцевые, слюдистые, каолинизированные. В местах обильного скопления лигнитизированных растительных остатков пески и глины приобретают темно – бурые тона. В базальных горизонтах отмечаются крупно-грубозернистые гравелистые пески, нередко с глинистыми окатышами, галькой и гравием кварцитов и кремней, горизонтами дресвы и щебня кварца в песчано-глинистом каолинистовом цементе.

Интрузивные образования

Интрузивные образования представлены дайками томского (изылинского) монзонит – долеритового комплекса (m-enT1-2t). Дайковые пояса и отдельные дайковые тела имеют преимущественно запад – северо – западное простирание с кулисообразным расположением отдельных дайковых тел, которые имеют такое же простирание.

Дайки томского комплекса характеризуются большим петрографическим разнообразием пород от долеритов до монцодиоритов и

кварцевых диоритов. Это обусловлено не только наличием нескольких генераций даек, но и процессами внутрикамерной дифференциации расплавов.



P ₃ nm-lt	-Новомихайловская и лагернотомская свиты нерасчлененные
K ₂ smn	- Симоновская свита
C ₁₋₂ bs	-Басандайская свита
C ₁ lg	-Лагерносадская свита
D ₃ sl-C jar	-Саламатовская и ярская толщи нерасчлененные
D ₃ jur	-Юргинская свита
D ₃ pč	-Пачинская свита
D ₂ mt	-Митрофановская свита
μ-εv T ₁₋₂ τ	-Дайками томского монзонит-долеритового комплекса
vt D ₃ mt	-Штоки и дайки тела долеритов

Рисунок 1.10 - Геологическая карта района

1.6.2 Поверхностные воды Обь-Томского междуречья и их состояние

Основными водными артериями территории Обь-Томского междуречья, где находится часть земель Томского района и где расположен Томский водозабор, являются рр. Обь и Томь. В 2000 г. среднегодовой многолетний расход воды р. Оби (гидропост п. Могочино) составил 4110 м³/с, на талые снеговые воды приходится основная доля питания, на подземный сток и дожди – меньшая.

Общая протяженность р. Томи составляет 839 км, среднемноголетний расход ее у г. Томска составляет 1041 м³/с при модуле стока 18,0 л/сек на км² и слое стока 567 мм. Годовой сток на 1982 год составлял 634 м³/с, подземный сток – 242 м³/сек, среднегодовой модуль подземного стока 4,3 л/с на км², модуль поверхностного стока – 14,83 л/с на км² [5].

Кроме этого, на территории Обь-Томского междуречья находится множество озер и прудов, а также малых рек, общей протяженностью более 270 км. Гидрологические характеристики малых рек приведены в табл. 1.4, составленной по материалам Нелюбинской (Карлсон, 1975), Обь-Томской, Таганской (Герасимов, 1974) и Рыбаловской партий (Коробкин, 1982).

Поверхностные воды ОТМ более, чем другие, уязвимы по отношению к антропогенному загрязнению. Наибольшая техногенная нагрузка отмечается в ходе работы сельскохозяйственных и промышленных предприятий расположенных в населенных пунктах по берегам рек. Значительное загрязнение поверхностных вод происходит в результате сбросов в них неочищенных стоков.

Оценка качества вод по гидрохимическим показателям и стандартному индексу загрязненности показывает, что воды р. Томи и большинства участков рек относятся к загрязненным. Содержание азота аммонийного, азота нитритного, нефтепродуктов, фенолов, растворенного кислорода, БПК₅, превышает ПДК [6].

Таблица 1.12 - Гидрологические характеристики малых рек Обь-Томского междуречья

Наименование реки	Площадь водосбора, км ²	Длина реки, км	Среднегодовой расход, м ³ /с	Модуль поверхностного стока.	Величина подземного питания, м ³ /с
				Модуль подземного стока, л/с на км ²	
Кисловка (пост п. Тимирязевский)	469	31 (49 с учетом р. Бурундука)	1,07	$\frac{2,28}{0,87}$	0,41 (38,3%)
Еловка (лесоучасток №86)	154	19	0,046	$\frac{5,3}{0,27}$	-
Жуковка (0,5 км выше слияния с р. Еловкой)	187	31	0,86	$\frac{0,96}{0,96}$	0,18 (20,4%)
Порос (с. Рыбалово)	250	36	0,32	$\frac{1,27}{0,062}$	0,013 (4,1%)
Порос (с. Быково)	544	57	0,64	-	0,64 (27,4%)
Черная (с. Тахтамышево)	294	41	1,2	$\frac{4,1}{0,36}$	0,09 (8,8%)
Ум (Кандинское болото, 1,2 км выше по течению)	212	38	1,5	$\frac{2,86}{2,86}$	-
Кузьминка (2 поста, расстояние между которыми 7 км)	11,2	-	-	$\frac{1,9}{1,9}$	0,021

Некоторые данные о химическом составе поверхностных вод представлены в таблице 1.13. Видно, что превышающие нормативы высокие значения приведенных показателей качества воды свидетельствуют об экологическом неблагополучии водных систем. Еще большую тревогу вызывают санитарно-бактериологическое и экологическое состояние рек, озер, прудов, проток. Так, состав микрофлоры в воде Сенной Курьи, расположенной возле коммунального моста через р. Томь, вблизи от скважин I линии водозабора, был проанализирован в лаборатории Томского областного центра санэпиднадзора. Оказалось, что по своим показателям

вода больше похожа на сточную воду хозяйственно-бытового происхождения, чем на речную.

Таблица 1.13 - Некоторые показатели качества поверхностных вод на территории ОТМ

Река	Показатели					
	Fe _{общ.} , мг/дм ³	Mn, мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	фенол, мг/дм ³	нефтепро- дукты, мг/дм ³	окисляе- мость, мгО/дм ³
р. Томь	<u>0,1</u> 1,73	<u>0,004</u> 1,0	<u>0,07</u> 10,0	<u>0,001</u> 0,02	0,04	<u>0,51</u> 6,12
р. Черная	<u>0,4</u> 2,0	<u>0,25</u> 0,8	<u>0,3</u> 3,0	<u>0,001</u> 0,2	<u>0,01</u> 0,1	<u>0,88</u> 5,0
протока Бурундук	<u>0,2</u> 1,2	<u>0,08</u> 0,93	<u>0,2</u> 2,0	<u>0,001</u> 0,03	<u>0,01</u> 0,78	*
р. Кисловка	<u>0,28</u> 1,0	*	<u>0,2</u> 0,6	0,007	0,08	<u>4,6</u> 30,2
р. Порос	2,2	*	0,4	0,001	*	6,6

Примечания. 1. * Достоверные данные отсутствуют. 2. В числителе приведены наименьшие значения показателя, в знаменателе – наибольшие значения.

1.6.3 Ресурсы подземных вод: качество, запасы

Основная часть естественных ресурсов подземных вод формируется в неоген-четвертичном водоносном комплексе, где наиболее благоприятные условия восполнения запасов, а также в палеогеновом, что объясняется большой мощностью водовмещающих отложений и благоприятными условиями дренажа крупными реками и их притоками.

В 1974 году на территории Обь-Томского междуречья проводилась оценка естественных ресурсов подземных вод четвертичных, верхнеплиоценовых и палеогеновых отложений, которые составили 500 тыс. м³/сут [7].

В 1983 году оценка естественных ресурсов подземных вод междуречья была выполнена гидродинамическим методом расчета расхода подземного потока с учетом инфильтрационного питания [8].

Минимальный средневзвешенный модуль подземного стока (для четвертичного и верхнеплиоценового водоносных горизонтов) на Обском

склоне равен $1,54 \text{ л/с км}^2$, среднегодовой модуль подземного стока, определенный по величине инфильтрационного питания, равен $3,9 \text{ л/с км}^2$. На Томском склоне минимальный модуль подземного стока равен $2,57 \text{ л/с км}^2$, среднегодовой модуль подземного стока, определенный по величине инфильтрационного питания, равен $4,2 \text{ л/с км}^2$. Минимальные естественные ресурсы четвертичных и верхнеплиоценовых водоносных комплексов на площади Обь-Томского междуречья равны $482795 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Минимальный модуль подземного стока (палеогеновый водоносный комплекс) на Обском склоне равен $1,29 \text{ л/с км}^2$, на Томском склоне – $1,47 \text{ л/с км}^2$. Минимальные естественные ресурсы палеогенового комплекса равны $286682 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Для подземных вод Томского района характерно повышенное содержание железа и марганца, превышающее предельно-допустимые значения, как и в других районах Томской области. Иногда встречаются большие концентрации азотсодержащих соединений. В подземных водах исследуемого района бактериальная зараженность не характерна. Большую часть подземных вод Обь-Томского междуречья следует отнести ко второму классу источников водоснабжения [9]. Качество воды в них в целом удовлетворительное, и отклонение от нормативов, наблюдаемое для некоторых показателей, может быть устранено путем применения методов водоподготовки.

В целом, для четвертичного и палеогенового водоносных комплексов минимальные естественные ресурсы на Обь-Томском междуречье оцениваются в объеме $769477 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Объем эксплуатационных ресурсов, используемых Томским водозабором для централизованного водоснабжения г. Томска, составил в 1999 г. $197616 \text{ м}^3/\text{сут}$ (по данным формы 2ТП "Водхоз"). Объем воды, добываемой для водоснабжения населенных пунктов исследуемых сельских округов, составил за этот же период – $5451 \text{ м}^3/\text{сут}$ (данные администраций сельских округов).

Суммарный объем эксплуатационных ресурсов подземных вод составляет 203066,8 м³/сут, объем минимальных естественных ресурсов составляет 769477 м³/сут.

Таблица 1.14 - Свойства и состав подземных вод на территории ОТМ

Определяемый показатель	Единицы измерения	ПДК	Характеристика вод			
			воды неоген-четвертичных отложений	воды палеогеновых отложений	воды меловых отложений	воды палеозойских отложений
Аммоний	мг/дм ³	2	0,1...2,63	0,5...2,3	0,02...1,50	0,16...1,85
Нитраты	мг/дм ³	45	0,00...4,56	0,00...0,14	0,00...1,00	0,005...4,4
Нитриты	мг/дм ³	3	0,00...0,10	0,00...0,05	0,00...0,04	0,001...0,075
Железо	мг/дм ³	0,3	0,4...16,5	0,9...10	1,5...10	0,93...16,8
Марганец	мг/дм ³	0,1	0,5...1,25	0,2...0,4	0,1...8,0	0,1...30,26
Минерализация	г/дм ³	1	0,15...0,6	0,25...0,50	0,31...0,58	0,13...4,58
Жесткость	Ммоль-экв/дм ³	7	0,4...7,0	1,3...7,2	3,65...18,4	5,5...8,35
Сульфаты	мг/дм ³	350	0,0...14,0	0,0...4,0	0,0...3,5	
Фториды	мг/дм ³	1,5	0,15...0,50	0,20-0,60	0,45	0,10-0,30
Хлориды	мг/дм ³	500	0,51...16,70	0,72...17,70	3,9...1874	0,47...12,50
Окисляемость	мгО/дм ³	5		2,0...5,0	3,2...3,84	0,7...3,6

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о том, что естественные ресурсы значительно превышают эксплуатационные, что позволяет и в дальнейшем использовать подземные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

1.7 Характеристика техногенной нагрузки на окружающую среду Обь – Томского междуречья

Территория ОТМ испытывает интенсивное техногенное воздействие. Его составляющими являются различные процессы. В общем виде они представлены в приведенной ниже табл. 1.15.

Таблица 1.15 - Факторы и следствия техногенных нарушений гидросферы в районе городов Северска, Томска и Томского района [10]

Наименование техногенного фактора	Нарушения в гидросфере	
	гидрогеодинамические	гидрогеохимические
Непосредственное воздействие на поверхностные водотоки и подземные воды		
Эксплуатация крупного Томского и двух относительно небольших Северских водозаборов из подземных источников	Изменение режима подземных вод в зоне влияния водозаборов, изменение режима влажности в зоне аэрации, привлечение загрязненных поверхностных и подземных вод четвертичных отложений	Изменение химического состава подземных вод в сравнении с фоновым
Эксплуатация мелиоративных систем	При осушении – нарушение баланса подземных вод, при орошении – создается дополнительное инфильтрационное питание	Изменение химического состава подземных вод
Разгрузка загрязненных вод с территории городов Томска, Северска, и других урбанизированных территорий	Дополнительное питание	Загрязнение вод органическими веществами, тяжелыми металлами
Наименование техногенного фактора	Нарушения в гидросфере	
	гидрогеодинамические	гидрогеохимические
Непосредственное воздействие на поверхностные водотоки и подземные воды		
Подземное захоронение жидких отходов и токсичных веществ	Дополнительное питание, формирование куполов регрессии	Химическое и радиохимическое загрязнение подземных вод, изменение характера миграции веществ
Добыча гравия	Изменение кольматации грунтов	Загрязнение нефтепродуктами, тяжелыми металлами, радионуклидами
Добыча торфа	Нарушение баланса поверхностных и подземных вод	Загрязнение нефтепродуктами

Наименование техногенного фактора	Нарушения в гидросфере	
	гидрогеодинамические	гидрогеохимические
Складирование и хранение удобрений и ядохимикатов	Нарушение природного равновесия в саморазвивающейся и самоорганизующейся системе «вода-порода-газ-органические вещества»	Химическое загрязнение поверхностных и подземных вод
Скотомогильники		Загрязнение азотсодержащими и органическими веществами, бактериальное загрязнение
Складирование твердых отходов		Загрязнение вод органическими веществами, тяжелыми металлами, азотсодержащими соединениями
Возделываемые сельскохозяйственные поля		Загрязнение вод пестицидами, веществами – компонентами удобрений
Наименование техногенного фактора	Нарушения в гидросфере	
	гидрогеодинамические	гидрогеохимические
Непосредственное воздействие на поверхностные водотоки и подземные воды		
Сбросы неочищенных коммунальных стоков		Загрязнение органическими веществами, тяжелыми металлами, аммонийным азотом, фосфором, бактериальное загрязнение
Эксплуатация асфальтобетонного завода		Загрязнение нефтепродуктами, поверхностно-активными веществами, полиароматическими углеводородами, тяжелыми металлами
Вырубка лесов	Изменение инфильтрационного питания, истощение ресурсов подземных вод	Загрязнение нефтепродуктами, тяжелыми и радиоактивными металлами
Опосредованное воздействие на гидросферу		

Наименование техногенного фактора	Нарушения в гидросфере	
	гидрогеодинамические	гидрогеохимические
Выпадение загрязненных атмосферных осадков		Загрязнение соединениями серы, хлора, тяжелыми металлами, радионуклидами
Эксплуатация транспортных систем		Загрязнение соединениями серы, хлора, тяжелыми металлами, нефтепродуктами

Среди указанных в таблице экологических проблем есть такие, которые можно назвать типичными для многих территорий Сибири и других регионов, например, большие темпы накопления отходов, что отдельно показано в табл. 1.16. В сравнении с другими районами Томской области, г. Томск и Томский район лидируют, будучи наиболее урбанизированными территориями.

Таблица 1.16 - Образование отходов производства и потребления и объекты их размещения

Отходы производства и потребления	г. Томск	Томский район
Образовано отходов, т (по годам)		
1998 г.	1194389	29893
1999 г.	1149464	87181
2000 г.	922486	59773
Количество несанкционированных свалок, скотомогильников	- 1	56 10
Площадь несанкционированных свалок, га Скотомогильников, га	- 0,2	28,0 0,8
Количество санкционированных свалок, скотомогильников	12 2	17 14
Площадь санкционированных свалок, га Скотомогильников, га	501,1 0,4	25,0 2,1

Со стороны свалок в подземные воды попадают химические, бактериальные, радиоактивные загрязнители, происходит изменение микрофлоры. В окрестностях г. Томска преимущественно накапливаются отходы химической, машиностроительной, теплоэнергетической, строительной, деревоперерабатывающей, металлообрабатывающей отраслей промышленности, а также отходы животноводства, бытовые отходы. Только часть этих отходов складывается в специально отведенных местах.

2 Характеристика состояния и основные закономерности изменения химического состава подземных вод

2.1 Оценка состояния подземной гидросферы Обь-Томского междуречья

Особенности структурно-тектонического строения района предопределили характер геологического строения водовмещающих комплексов пород платформенного чехла, их гидрогеохимические и гидродинамические условия. Район входит в состав внешней области Западно-Сибирского артезианского бассейна, где все водоносные комплексы находятся в обстановке интенсивного водообмена и содержат инфильтрационные воды, имеющие сходный гидрогеохимический облик. Только в северной части междуречья воды меловых и палеозойских образований расположены в зоне замедленного водообмена [11].

По существующему структурно-геологическому районированию Западно-Сибирского артезианского бассейна [12] в пределах Обь-Томского междуречья и правобережной части р. Томи выделяются три гидрогеологических комплекса: водонапорные системы трещинных вод палеозойского фундамента, водоносный комплекс меловых отложений (нижний и верхний гидрогеологические этажи), водоносные комплексы палеогеновых и четвертичных отложений (верхний гидрогеологический этаж).

2.1.1 Водоносный комплекс трещинных вод палеозойского фундамента (Pz)

Подземные воды этого комплекса распространены в зоне региональной трещиноватости мощностью от 20 - 80 м, структурном элювии и многочисленных зонах дробления. В целом палеозойские породы характеризуются низкими фильтрационными свойствами. Водопроницаемость их невысокая, в пределах 3 - 110 м²/сут [13]. Дебиты скважин не превышают 1 - 2 л/с, только отдельные скважины, вскрывшие горизонты трещиноватых песчаников в долинах рек и депрессиях рельефа, имеют дебиты 8 - 10 л/с. Для крупного водоснабжения такие подземные воды практического значения не имеют.

Однако породы фундамента служат проводниками глубинных напорных флюидов, являющихся продуктами физико-химических превращений вещества верхней мантии и влияющих на формирование состава вод платформенного чехла и на преобразование минералогического состава пород [14].

Миграция глубинных флюидов вверх по разрезу мезокайнозойских отложений происходит по трещинам и тектоническим нарушениям. Трещины различного происхождения, но, в основном, тектонического, широко распространены по всему разрезу осадочного чехла.

Таким образом, гидрогеологические условия палеозойского водоносного комплекса оказывают значительное влияние на восходящую вертикальную миграцию водных растворов осадочного чехла, а в районе захоронения жидких радиоактивных отходов способствуют их проникновению в верхние водоносные горизонты, повышают геохимическую активность водных растворов и интенсифицируют процессы радиолитизации с выделением тепла.

В зоне интенсивного водообмена по химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,13-0,34 г/дм³. При погружении под мезозойские и кайнозойские отложения состав вод изменяется от гидрокарбонатно-хлоридного кальциево-магниевого до

хлоридного натриевого с минерализацией 1,85 - 4,58 г/дм³. Содержание хлора, с увеличением глубины залегания фундамента от 164 до 304 м, изменяется от 7 до 195 мг/дм³, а количество сульфат-иона (3 - 4 мг/дм³) остается неизменным.

2.1.2 Водоносный комплекс меловых отложений (К1-2)

Данный водоносный комплекс объединяет водоносные горизонты сымской (К2sms), симоновской (К2smn) и покурской (К1-2рк) свит, песчано-глинистые отложения которых сформировались на погружающихся структурах Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны, унаследовав характерные формы залегания слоев. На правом склоне р. Томи (район захоронения ЖРО) образовалась мульдообразная структура донных отложений, открытая к северо-западу, с пологим погружением пластов в данном направлении, определившим и направление движения подземных вод. Вдоль уступа Жуковской скульптурной террасы [15] сформировалась флексурная зона прибрежно-морских и континентальных меловых и палеогеновых отложений. В вертикальном разрезе на поднятой и опущенной части крыла слои имеют одинаковое или почти одинаковое строение, а на соединяющем их склоне залегание слоев резко меняется, мощности их не выдержаны, часто рассечены разрывами. Фациальный состав этого участка переменчив, поэтому нельзя экстраполировать, например, мощность водоупорных горизонтов из нижнего участка крыла в смыкающую часть крыла. Генетическая неоднородность этих осадков уже предполагает их фациальную изменчивость в разрезе и по площади распространения, что подтверждается и геологическими данными. Кроме того, активные тектонические процессы в мезокайнозойское время и современный период подвергли значительным деформациям породы платформенного чехла, в том числе и меловых отложений, увеличивая их водопроницаемость по вертикальному вектору.

Наличие глубинных разломов вдоль уступов структурных террас и в зоне краевого шва (верхнего перегиба флексуры) могли служить в меловой

период основными путями развития древних речных долин, в которых сформировались аллювиальные фации повышенной водопроницаемости. Фильтрационные свойства их в несколько раз лучше прибрежно-морских, которые слагают водоносный комплекс меловых отложений.

Водовмещающими породами сымской и симоновской свит являются каолинизированные пески (от пылеватых до мелкозернистых) с низкой водообильностью. Удельные дебиты по скважинам составляют 0,004 - 0,75 л/с, при понижениях уровня на 10 - 23 м. Мощность комплекса изменяется от 0 в пределах города Томска (Советский и Кировский районы) до 320 м (участки захоронения ЖРО), на севере Обь-Томского междуречья мощность комплекса достигает 250 м.

Водоносный комплекс меловых отложений на большей части площади распространения изолирован от палеогенового региональным эоценовым глинистым водоупором, который только на отдельных участках сменяется глинами симоновской свиты.

Пьезометрическая поверхность меловых вод изменяется от 89-90 м в районе захоронения ЖРО до 83,7 м в районе пос. Моряковский затон, резко понижаясь к базису разгрузки данных вод (реки Томь, Обь, северная часть Обь-Томского междуречья, в том числе и район III очереди Томского водозабора).

В этом же направлении отчетливо прослеживается процесс метаморфизации вод. Состав их изменяется от гидрокарбонатного хлоридного, натриево-кальциевого, до хлоридного, натриево-кальциевого. Минерализация изменяется соответственно от 0,6 до 4,58 г/дм³ [16]. Содержание хлоридов в зоне интенсивного водообмена, на глубинах 100 - 200 м, где происходит основное поступление инфильтрационных вод, составляет 3,9 - 10 мг/дм³. Это южная часть Обь-Томского междуречья, район севернее города Томска, то есть полоса примыкания (выклинивание осадков верхнемеловых отложений к палеозойскому обрамлению).

С увеличением глубины залегания водоносных горизонтов содержание хлоридов в подземных водах сымской и симоновской свит на водоразделах повышается и составляет 107 - 176 мг/дм³. В долине р. Оби на всем ее протяжении отмечается высокое содержание хлорид-иона – 476 – 2491 мг/дм³, что свидетельствует о глубинном его происхождении и миграции по разлому фундамента. В водах мезозойских отложений зоны замедленного водообмена и зоны разгрузки отмечается высокое содержание фосфора - 0,488 мг/дм³, бария - 0,0085 мг/дм³, цинка - 0,04 мг/дм³, фтора - 0,45 мг/дм³, йода - 0,23 мг/дм³, брома - 2,94 мг/дм³.

Водоносный горизонт верхнемеловых отложений покурской свиты залегает на сравнительно небольшой глубине 209 - 245 м, распространен на склоне фундамента узкой полосой в обстановке замедленного водообмена. Этот горизонт представляет практический интерес с точки зрения использования подземных вод в качестве минеральных столовых вод с разнообразным соотношением макрокомпонентов.

Водоносный комплекс меловых отложений используется для захоронения жидких радиоактивных отходов Сибирского химического комбината (СХК). В качестве пластов-коллекторов были выбраны два горизонта симоновской свиты, представленные глинистыми разнозернистыми песками. Первый водоносный горизонт в интервале 280 - 350 м для захоронения низкорadioактивных нетехнологических отходов (площадка 18) и второй водоносный горизонт в интервале 350 - 400 м для захоронения высоко- и среднеактивных отходов (площадка 18а). Основным изолирующим горизонтом, разделяющим пласты с жидкими РАО и вышележащие водоносные горизонты, в том числе и эксплуатируемые водозаборами гг. Томска и Северска, является глинистый горизонт симоновской свиты мощностью 25 – 85 м. Вышерасположенный водоносный горизонт меловых отложений сымской свиты является буферным. В некоторых случаях отмечено попадание в этот горизонт ионов аммония, сульфатов, регистрируется бета- и гамма-активность, что может

свидетельствовать о ненадежности водоупора или о поступлении отходов по затрубному пространству нагнетательных и наблюдательных скважин [17].

Вниз по потоку подземных вод всего в 15 - 17 км от полигона захоронения ЖРО располагаются скважины Томского водозабора из подземных источников. Еще ближе к полигонам захоронения на правом склоне долины р. Томи между полигонами расположена площадка строительства третьего Северского водозабора.

2.1.3 Водоносный комплекс палеогеновых отложений (P2-3)

Породы палеогенового комплекса широко распространены на исследуемой территории. Подземные воды этого комплекса являются основным источником централизованного водоснабжения городов Томска и Северска. На юго-востоке проходит граница водоносного комплекса вдоль реки Томи или вблизи выходов палеозойского фундамента на дневную поверхность. В верхней части разреза, на отдельных участках, он представлен тонко-мелко-сред-незернистыми песками верхнеолигоценовых отложений лагерно-томской свиты (P3 lg). Вниз по разрезу они сменяются маломощными прослоями тонко-мелкозернистых песков в толще ниже-среднеолигоценовых глин новомихайловской свиты (P3 nm).

В нижней части комплекса залегают наиболее однородные и выдержанные по мощности мелко-среднезернистые пески верхнеэоценовых-нижнеолигоценовых отложений юрковской и кусковской свит (P2-3jur+ksk).

По мере погружения фундамента мощность водовмещающих палеогеновых отложений увеличивается в северном и западном направлении до 165 - 170 м (район северной части II очереди Томского водозабора). В подошве их, у границы выклинивания, залегает преимущественно кора выветривания палеозойских пород, на остальной территории – плотные, выдержанные по мощности глины люлинворской и симоновской свит, которые изолируют палеогеновый комплекс от верхнемелового.

В кровле палеогенового водоносного комплекса залегают одновозрастные глины, суглинки неогенового и четвертичного возраста.

Глубина залегания кровли водоносного комплекса вблизи границы выклинивания составляет 10 - 12 м, в районе Обь – Томского водораздела она возрастает до 60 - 105 м. Основным водоносным горизонтом являются пески юрковской свиты, которые в юго-во-сточной части исследуемой территории залегают на глубине 100 м, с погружением фундамента на север-северо-запад эта глубина увеличивается до 190 м.

Подземные воды палеогенового комплекса имеют сложную гидродинамику. Верхний водоносный горизонт отложений лагернотомской свиты на водоразделе имеет общую пьезометрическую поверхность с водоносным горизонтом верхнеплиоценовых отложений нижнекочковской подсвиты. С увеличением глубины залегания горизонтов происходят потери напоров, и пьезометрическая поверхность водоносного горизонта юрковской свиты на большей части междуречья устанавливается на 6 - 7 м ниже пьезометрической поверхности водоносного горизонта нижнекочковской подсвиты [18]. Наблюдается нисходящий тип фильтрации. В ложбинах стока уровни палеогенового комплекса обычно на 1 - 5 м выше уровней гравийно-галечникового водоносного горизонта ложбин стока и зачастую устанавливается выше дневной поверхности (поймы рек Ум, Черная).

Абсолютные отметки пьезометрической поверхности комплекса (юрковской и новомихайловской свит) уменьшаются с юга на север по центральной части водораздела от 124 до 76 м [18], а в долинах рек Томи и Оби они снижаются до 66 м.

Фильтрационные свойства пород изменяются как в вертикальном разрезе, так и в плане. Коэффициенты фильтрации к подошве юрковской свиты увеличиваются в 3 раза, а средние их значения изменяются от 6,25 до 13,72 м/сут. По данным опытных откачек, коэффициенты фильтрации новомихайловской свиты с погружением фундамента увеличиваются от 1,4 до 17,4 м/сут, в юрковском водоносном горизонте – от первых единиц до 39 м/сут [18].

Фильтрационные свойства пород этого комплекса улучшаются также в зонах тектонических нарушений (долины рр. Томи и Оби, древние ложбины стока), где коэффициенты фильтрации песков достигают 67 м/сут.

Доминирующим фактором формирования фильтрационных свойств палеогеновых отложений является структурно-тектоническое строение склона фундамента. Водопроницаемость комплекса вблизи границы выклинивания уменьшается до 189 м²/сут, на водораздельной части она увеличивается с юга на север от 500 до 1200 м²/сут, а от центральной части междуречья к долине р. Томи от 1200 до 3990 м²/сут (в северной части) [18].

Питание палеогенового водоносного комплекса повсеместно инфильтрационное. Наличие системы разрывных нарушений сквозного характера с интенсивно развитой трещиноватостью тектонического происхождения, расположенной на севере Обь-Томского междуречья и на правом склоне долины р. Томи, обуславливает разгрузку глубинных подземных вод в эксплуатируемый палеогеновый водоносный комплекс.

При увеличении глубины залегания подземных вод и с появлением в разрезе глинистых нижне-средне-четвертичных и верхнеплиоценовых разностей уменьшается интенсивность инфильтрационного питания. Питание палеогенового комплекса происходит в основном по песчаным «окнам», образующим единый водоносный комплекс верхнеплиоценовых и палеогеновых отложений. На таких участках режим вод палеогенового комплекса аналогичен режиму вод верхнеплиоценовых отложений нижнекочковской подсвиты. Амплитуды весеннего подъема здесь в разные годы составляли приблизительно 0,3 м, то есть такие же, как и в нижнекочковском водоносном горизонте.

На участках с затрудненным перетоком подземных вод между этими горизонтами, где мощность разделяющих глинистых палеогеновых отложений не превышает 30 м, отмечается влияние весенне-летнего и осеннего питания. Однако начало весеннего подъема смещается на начало июня, и уровни стабилизируются в течение летнего периода. Зимний спад

уровней продолжается еще в течение целого месяца после начала подъема уровней в верхнеплиоценовом горизонте. Амплитуда весеннего подъема здесь в разные годы колеблется от 0,03 до 0,06 м.

Совершенно другой режим наблюдается на водораздельной части междуречья, где в кровле верхнеэоценовых-нижнеоли-гоценовых отложений юрковской свиты залегает глинистая толща мощностью до 70 м (ПТК А-1). Здесь в маловодные годы весеннего подъема уровня вообще не наблюдается. Сработка уровней за год может достигать 0,43 м [13,19].

Большие объемы извлечения подземных вод из палеогенового водоносного комплекса (*210 м³/сут) Томским водозабором за 28 лет его эксплуатации привели к значительному нарушению режима и баланса подземных вод палеогенового комплекса и смежных с ним водоносных горизонтов четвертичных, неогеновых и меловых отложений. Сработка статических уровней палеогенового водоносного комплекса в эксплуатационных скважинах 1 - 15 достигла 12 - 15 м. По данным режимных наблюдений Томскгеомониторинга, зона влияния Томского водозабора достигла ширины 10 - 20 км вдоль водозаборных скважин в южной части водозабора и 5 - 8 км в северной [17]. Анализ конфигурации и размеров воронки депрессии в пределах Обь-Томского междуречья позволяет предполагать, что в восточном направлении граница воронки депрессии Томского и Северских водозаборов находится уже достаточно близко от контуров полигонов захоронения жидких радиоактивных отходов.

Изменение режима эксплуатируемого палеогенового водоносного комплекса на верхней границе ведет к сработке запасов подземных вод четвертичных и неогеновых отложений и изменению режима влажности в зоне аэрации.

Интенсивность водообмена – один из определяющих факторов, лежащих в основе формирования гидрогеохимического типа подземных вод. Для каждого типа водообмена существует свой характерный химический состав воды и твердой фазы, находящейся с ним в контакте. Соотношение

выносимых и концентрируемых элементов в воде и вмещающей породе взаимозависимо и определяется условиями водообмена.

Отсюда вытекает, что интенсивный водоотбор неизбежно приводит к изменениям во всех составляющих системы «многокомпонентный водный раствор-порода». Процессы, протекающие в зоне гипергенеза на территории ОТМ, несут отпечаток развивающегося техногенеза.

Перераспределение гидродинамического давления в сторону уменьшения его на нижней границе эксплуатируемого комплекса активизировало приток глубинных подземных вод в зоне разгрузки подземных вод меловых отложений. Об этом свидетельствует появление крупных гидрогеохимических аномалий хлорид-иона в водах палеогенового комплекса, образовавшихся в процессе эксплуатации второй и третьей очереди водозабора.

В условиях нарушенного режима эксплуатируемого палеогенового водоносного комплекса и слабой защищенности природно-техногенных комплексов, в пределах которых находятся Томский и Северские водозаборы (ПТК В-1, В-2, В-4), активизировались процессы техногенного загрязнения подземных вод, связанные с промышленным и сельскохозяйственным освоением земель, развитием инженерной инфраструктуры населенных пунктов Обь-Томского междуречья. Под воздействием этих процессов загрязняются грунтовые воды четвертичных и неогеновых отложений, которые в условиях нарушенного режима активно вовлекаются в эксплуатируемый горизонт и преобразуют химический состав подземных вод.

Формирование гидрокарбонатно-кальциевого состава подземных вод четвертичных, верхнеплиоценовых и палеогеновых комплексов на большей части территории происходит за счет ионно-солевого комплекса этих пород. В процессе выщелачивания и углекислотного растворения компонентов минералов происходит обогащение подземных вод кальцием, натрием, сульфатным и карбонатным ионами [20].

В пределах ниже-среднечетвертичной озерно-аллювиальной равнины с эрозионно-аккумулятивным типом рельефа на формирование химического состава существенное влияние оказывает мощность глинистых отложений палеогенового комплекса. С увеличением их мощности от 19 до 42 м содержание гидрокарбонатных солей в водах увеличивается в 1,5 раза. Минерализация их соответственно возрастает до 0,25 г/дм³. Очень беден микрокомпонентный состав вод, отсутствуют некоторые тяжелые металлы, меньше нижнего предела (ПДК) содержится фтор.

Томский водозабор расположен в лесо-таежной ландшафтной зоне с благоприятными физико-географическими условиями питания подземных вод. Однако в результате антропогенного воздействия естественные природно-территориальные комплексы претерпевают значительные изменения. Природная вода является наиболее чувствительным компонентом биосферы к антропогенному воздействию и во многом определяет состояние природной сферы в целом. В условиях сложившегося техногенеза, возможно, многие загрязнители не достигли бы водоносного горизонта, расположенного на глубине более 50 м. Однако интенсивный водоотбор из палеогенового водоносного горизонта водозаборов гг. Томска и Северска способствовал повышению скоростей миграции компонентов, активизации водообменных процессов.

Несколько другая ситуация по формированию химического состава подземных вод палеогенового комплекса наблюдается в пределах долин рек Оби и Томи (ПТК В-1, В-4, А-9).

Как было сказано выше, по долинам рек в Обь-Томском междуречье происходит разгрузка глубинных подземных вод в верхние горизонты чехла. В скважинах, расположенных вблизи устья реки Томи, фиксируется высокое содержание хлорид-иона в водах эксплуатируемого палеогенового комплекса, достигающее 595 г/дм³. В процессе эксплуатации водозабора, в палеогеновый водоносный горизонт начали привлекаться и подземные воды меловых и палеозойских отложений. Это подтверждают результаты анализов

палеогеновых вод в эксплуатационных скважинах, где ранее никаких аномалий обнаружено не было. Так в скважинах 101, 120 за все время их эксплуатации до 1996 года химический состав подземных вод изменялся незначительно, содержание хлорид-иона находилось в пределах фона. Исследования 1998 года показали резкое увеличение содержания хлорид-иона в этих же скважинах до 280 -326 мг/дм³, что говорит о расширении границ гидрогеохимической аномалии.

2.1.4 Водоносный горизонт неогеновых отложений (N2 кс)

Данный горизонт имеет наиболее высокое морфометрическое положение по отношению к участкам на водораздельных склонах. Расположен он в пределах природно-территориальных комплексов ПТК А-2, А-9, которые занимают, в основном, хорошо дренируемые ландшафты нижне-среднечетвертичной озерно-аллювиальной равнины с эрозионно-аккумулятивным типом рельефа. В эктоярусе развиты смешанные сосново-березовые, осиново-березовые леса (ПТК А-4, А-5, А-7, А-8), на значительной территории ландшафт нарушен в результате сельскохозяйственного освоения земель (ПТК А-2, А-3, А-6).

Водоносный горизонт неогеновых отложений залегает в кровле палеогеновых отложений и является первым от поверхности постоянным водоносным горизонтом, определяющим формирование приходной части баланса подземных вод за счет инфильтрационного питания и для палеогенового водоносного горизонта. Водовмещающими грунтами являются верхнеплейстоценовые гравийно-галечниковые отложения. Мощность их изменяется от водоразделов к склону, где она достигает 30 - 35 м.

Фильтрационные свойства гравийно-галечниковых отложений улучшаются от центральной части водораздела к долине реки Томи и древним ложбинам стока. Коэффициенты фильтрации в этом направлении изменяются от 12 до 67 м/сут, а водопроницаемость от 130 до 920 - 1146

м²/сут [13], что свидетельствует о больших возможностях восполнения этими водами палеогенового комплекса при его эксплуатации.

Ведущими факторами формирования состава вод водоносного горизонта неогеновых отложений являются геологическое строение эндояруса, определяющее его хорошую проницаемость и интенсивный водообмен, а также незначительное обогащение вод компонентами, поступающими из водовмещающих пород. Средняя карбонатность воды здесь менее 1 %. В этих условиях сформировались очень пресные воды с минерализацией 0,15 г/дм³ (фоновое значение).

2.1.5 Водоносный горизонт четвертичных отложений (аQIII-IV)

В долинах рек Оби и Томи, в древних ложбинах стока (ПТК В-1, В-2, В-4) распространены четвертичные отложения, занимающие до 20 % всей площади, воды которых составляют значительную долю в общем балансе подземных вод.

ПТК В-1 выделен в пределах второй надпойменной террасы реки Томи (а2QIII), где в эктоярусе развиты сосновые леса, а мезоярус сложен верхнечетвертичными современными золовыми песками (vQIII-IV). ПТК В-2 также выделяется в пределах второй надпойменной террасы р. Томи, но в эктоярусе здесь развиты сельскохозяйственные земли, а мезоярус сложен одновозрастными суглинками. ПТК В-4 развит в пределах пойм рек Томи, Оби и их притоков, которые заняты преимущественно сельскохозяйственными землями. В пределах аллювиальной равнины р. Томи эти ПТК в настоящее время находятся в зоне влияния Томского водозабора из подземных источников. По условиям защищенности грунтовых вод данные подрайоны характеризуются низкой и очень низкой степенью защищенности. Несмотря на это, рассматриваемый ПТК подвержен самой высокой техногенной нагрузке. На этой территории сосредоточено наибольшее количество населенных пунктов, которые не имеют очистных сооружений. Здесь расположены промышленные предприятия (асфальтобетонный завод, валяльная фабрика и др.), большое количество

складов ГСМ, минеральных удобрений и ядохимикатов, которые построены даже в водоохранной зоне реки Томи (совхоз "Томь"). На сельскохозяйственных полях применяются азотистые, калийные и фосфорные удобрения, хлорорганические, фосфорорганические и карбаматные пестициды. Котельные выбрасывают большое количество газообразных и твердых загрязнителей без очистки в атмосферу. Такая урбанизация рассматриваемых ПТК ведет к загрязнению природной среды, а в условиях нарушенного режима подземных вод, вызванного эксплуатацией Томского водозабора, к активному загрязнению подземной гидросферы.

В колодцах населенных пунктов Тимирязево, Дзержинский, Губино, эксплуатирующих воды четвертичных отложений, содержание нитратного иона составляет 160 - 180 мг/дм³, что в 3,5 - 4 раза превышает норму ПДК (СанПиН 2.1.4.559-96) [20]. Почти во всех колодцах отмечается высокое относительно фона содержание хлорид-иона – 20 - 64 мг/дм³, которое находится в тесной корреляционной зависимости с содержанием нитрат-иона. Таким образом, в пределах населенных пунктов воды четвертичных отложений подвержены сильному техногенному загрязнению.

Водоносный комплекс четвертичных отложений в зависимости от граничных условий, морфоструктурных особенностей рельефа, характера отложений подразделяется на: 1) воды террасовых отложений; 2) воды аллювиальных средне- верхнечетвертичных отложений древних ложбин стока; 3) верховодку; 4) болотные воды.

Воды террасовых отложений составляют значительную долю в общем балансе подземных вод рассматриваемой территории. Большая часть этих вод имеет приречный тип режима и определяется гидрологическим режимом рек Томи и Оби, находится в сложных гидродинамических условиях и играет важную аккумуляционную и регулирующую роль поверхностного стока этих рек.

Водовмещающими отложениями являются песчано-гравийно-галечниковые отложения пойм рек Томи и Оби (аQIV), первой надпойменной

террасы (a1QIII), второй надпойменной террасы (a2QIII), имеющей наибольшее распространение в долине р. Томи. Мощности их находятся в пределах 8 - 20 м, а на севере долины р. Оби достигают 30 - 35 м. Перекрыты они на отдельных участках супесями, суглинками мощностью 6 - 26 м. Коэффициенты водопроницаемости изменяются от 20 до 622 м²/сут, статические уровни устанавливаются на глубинах 0 - 20 м.

По химическому составу воды гидрокарбонатные, кальциево-магниевого с минерализацией 0,18 - 0,6 мг/дм³. Кислотно-щелочные условия изменяются от слабокислых до слабощелочных (рН 6,5-7,5).

Воды аллювиальных средне- верхнечетвертичных отложений древних ложбин стока (aQII-III) имеют широкое распространение на Обь-Томском междуречье в пределах ПТК Б-1, Б-4. Здесь в экотярус произрастают преимущественно темнохвойные леса, развиты большие массивы низинных болот (ПТК Б-4) с грунтовым и смешанным питанием. Мезотярус и эндотярус сложены переслаивающимися песками, супесями и суглинками, что обуславливает повышенную их проницаемость. На центральной водораздельной части, где статические уровни устанавливаются на глубине 12 - 18 м, грунтовые воды имеют удовлетворительную и высокую степень защищенности. На склонах междуречья степень защищенности их уменьшается до низкой и очень низкой. Недостатком методики В.М. Гольдберга по оценке условий защищенности грунтовых вод является то, что она построена на фильтрационных свойствах экранирующих пород. Она не учитывает свойства этих пород как сорбентов и ионитов. Например, торф является активным природным полифункциональным ионообменником. Емкость ионного обмена его изменяется от 66 до 230 мг-экв/100 г [21]. Очевидно, что большие массивы низинных болот будут создавать дополнительные условия по защите грунтовых вод от техногенного загрязнения.

Водоносные отложения древних ложбин стока прослеживаются четырьмя полосами, вытянутыми в северо-восточном направлении и расширяющимися к долине р. Томи.

Состав водовмещающих отложений сильно меняется как в вертикальном разрезе, так и по площади распространения. Верхняя часть разреза ложбин стока представлена переслаивающимися песками, глинами, которые подстилаются гравийно-галечниковыми отложениями мощностью 7 - 24,5 м [16].

Фильтрационные свойства песчано-суглинистой верхней толщи изменяются в широких пределах от 0,35 до 2,89 м/сут (супесей) до 1,8 - 8,3 м/сут (мелкозернистых песков). Фильтрационные свойства гравийно-галечниковых отложений ложбин стока на водораздельной части сравнительно однородны, и коэффициенты фильтрации находятся в пределах 23,8 - 38,7 м/сут. Вблизи поймы р. Томи фильтрационные свойства их ухудшаются, и коэффициенты фильтрации увеличиваются до 126,9 - 192,1 м/сут [16].

Химический состав вод древних ложбин стока в верхней части разреза гидрокарбонатно-хлоридный магниевый-натриевый, гидрокарбонатный кальциево-натриевый с минерализацией 0,04 - 0,41 г/дм³. В водах гравийно-галечниковых отложений наблюдается только один состав вод - гидрокарбонатный кальциево-магниевый с минерализацией 0,15 - 0,33 г/дм³, воды умеренно жесткие, слабокислого и нейтрального классов (рН 6,6 - 7,2).

Верховодка повсеместно образуется в эоловых песках, супесях на суглинистых водоупорах ниже-среднечетвертичных и верхнеплиоценовых отложений, в супесях и суглинках террасового комплекса, в ниже-среднечетвертичных суглинках и супесях федосовской свиты.

Глубина залегания ее зависит от расчлененности рельефа и естественной дренированности участков, изменяется от 3 - 5 м на площади развития слабодренированных покровных суглинков до 10 - 15 м на повышенных хорошо дренированных участках, на склонах речных долин и

логов. В отложениях террасового комплекса верховодка залегает на глубинах 0,5 - 11 м на пониженных участках. На участках эоловых отложений с дюнно-грядовым рельефом в межгрядных понижениях она залегает на глубине 1 - 3 м, на высоких грядах - на 5 - 10 м.

Водовмещающие отложения представлены песками (мелкими, пылеватыми) и супесями. Коэффициенты фильтрации изменяются в широких пределах: от 16,5 - 0,03 м/сут (для песков) до 3,11 - 0,01 м/сут (для супесей).

Химический состав верховодки формируется в процессе инфильтрации атмосферных осадков, а также в результате выщелачивания ионо-солевого комплекса подстилающих пород. Эти воды абсолютно не защищены с поверхности и легко подвергаются загрязнению, особенно в населенных пунктах, где они используются для хозяйственных, а иногда и питьевых целей. Химический состав верховодки изменяется от гидрокарбонатного кальциево-натриевого до сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридного натриево-кальциевого. Щелочно-кислотные условия находятся в пределах слабокислого и слабощелочного классов (рН 5,8 - 7,4), минерализация колеблется от 0,023 до 0,32 г/дм³.

На Обь-Томском междуречье выделено три типа вод болотных отложений, гидрохимические особенности и условия питания которых резко отличаются между собой.

Воды верховых и переходных болот (Ib QIV), развитых на покровных суглинках и эоловых отложениях, в межгрядных понижениях на участках с дюнно-грядовым рельефом. К этому типу относятся и воды переходных болот древних ложбин стоков, развитых в центральной части междуречья (болото Круглое и др.), где уровни подземных вод залегают на 10 - 15 м ниже поверхности болот.

Приурочены они к торфяникам и представлены в центральной части болот переходными и верховыми торфами (фуксум, пушинево-сфагновые, травяно-сфагновые). В краевой части таких болот воды приурочены к

низинным гипново-травяным, гипновым, осоковым торфам. Мощность их в центральной части болот достигает 3 - 4,5 м, а на болоте Круглое - 9,5 м. Минеральным дном являются покровные суглинки, эоловые пески, супеси с большим содержанием органического вещества. В верхней части болот до глубины 1,5 м торфа малоразложившиеся (степень разложения 5 - 20%). Инфильтрационные свойства их высокие: коэффициенты фильтрации находятся в пределах 0,23 - 0,39 м/сут, водоотдача - 0,025 - 0,035. В нижней части от 1,5 до 3 м, в основном среднеразложившиеся и хорошо разложившиеся торфа (степень разложения - 20 - 60%). Фильтрационные свойства их заметно снижаются: коэффициенты фильтрации равны 0,01 - 0,06 м/сут, водоотдача - 0,01 - 0,032. Глубина залегания уровней болотных вод колеблется от 0 до 0,6 м, и поверхность их находится на одном уровне с зеркалом верховодки эоловых песков [16].

Состав вод довольно разнообразный: гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриевый, хлоридно-гидрокарбонатный кальциево-аммониевый, гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-маг-ниевый с минерализацией 0,02 - 0,29 г/дм³. Воды имеют низкое содержание гидрокарбонат-иона (12 - 287 мг/дм³), повышенное - ортокремневой кислоты (20 - 76 мг/дм³) и иона аммония - до 3 мг/дм³, полностью отсутствует сульфат-ион, содержание углекислоты свободной 100 - 205 мг/дм³, марганца - 0,1 - 0,6 мг/дм³, железа общего - 3,5 - 10 мг/дм³, двухвалентного - 2,5 - 9,5 мг/дм³. Следует отметить, что в верхней части болот на глубине 0,5 м содержание железа общего снижается до 1,5 мг/дм³. Малое содержание железа можно объяснить связыванием его в комплексные соединения и коллоиды, что хорошо согласуется с данными о количестве органических соединений в воде рассматриваемого типа. Так, сумма органических кислот (гуминовых и фульвокислот) находится в пределах 5,1 - 53,9 мг/дм³. Большую часть их составляют фульвокислоты, содержание которых достигает 15,8 мг/дм³. Окислительно-восстановительный потенциал равен -10 -20 Мв.

Щелочно-кислые условия находятся в пределах кислого и слабокислого классов (рН 4,2 - 5,8).

Ряд микрокомпонентов содержится в повышенных концентрациях: цинк – 90, марганец – 165, титан – 167, фосфор – 89,2, барий – 50 (средние значения в мкг/дм³). В небольших количествах постоянно присутствуют: свинец – 12, медь – 17, никель – 15,6, цирконий – 4 (мкг/дм³) [22].

Воды низинных болот (IbQIV) в древних ложбинах стока развиты большей частью в пределах области самоизлива подстилающего одновозрастного гравийно-галечникового водоносного горизонта.

Воды приурочены к низинным гипново-травяным древесно-гипновым торфам, максимальная мощность которых изменяется от 4 м (Еловское болото) до 7 м (болото Таган). Минеральным дном являются пески, суглинки древних ложбин стока. В верхней части до глубины 1,5 - 2,5 м торфа в основном хорошо разложившиеся (степень разложения 30 - 40%), от 2,5 до 7 м – торфа сильно разложившиеся (степень разложения 50 - 70%). Фильтрационные свойства их в верхней части несколько выше, чем в нижней. В верхней части коэффициенты фильтрации равны 0,07 - 0,61 м/сут, водоотдачи – 0,05 - 0,106, в нижней части коэффициенты фильтрации изменяются от 0,14 до 0,37 м/сут, водоотдачи – 0,06 - 0,09.

Состав вод низинных и переходных болот резко отличается. В основном воды низинных болот гидрокарбонатные кальциево-магниево-натриевые с минерализацией 0,14 - 0,35 г/дм³. Содержание гидрокарбонат-иона здесь выше в два раза и колеблется от 104 до 427 мг/дм³. Содержание кальция (26 - 76 мг/дм³), магния (6 - 29 мг/дм³) также выше, чем в переходных болотах. Щелочно-кислотные условия изменяются от слабокислого до слабощелочного класса (рН 6,2 - 7,6). Несколько больше в них количество углекислоты свободной – 218 - 240 мг/дм³, марганца 1,4 мг/дм³, железа общего – 2 - 150 мг/дм³, двухвалентного - 1,5 - 149,5 мг/дм³. Окислительно-восстановительный потенциал в нижней части болот достигает – 60 Мв. В этих водах также определено самое высокое количество органических кислот

– 41 - 86,5 мг/дм³, фульвокислот – 38,7 - 53,3 мг/дм³. Наблюдаются отличия и в микрокомпонентом составе вод по сравнению с водами переходных болот. Отмечается повышенное содержание: цинка – 235, бария – 59, стронция – 89 (средние значения в мкг/дм³). Ниже обычного содержание меди (9,7), никеля (2,0), титана (54,0) (мкг/дм³).

Таким образом, химический состав этих вод, положение пьезометрической поверхности четвертичного-палеогенового водоносного комплекса (статические уровни устанавливаются на 2 - 3 м выше дневной поверхности) свидетельствуют о значительном питании этих болот подземными водами.

Воды низинных болот (IbQIV), развитых на террасах и поймах рр. Томи и Оби, приурочены к торфяникам, представленным торфами низинного типа: осоковыми, осоково-гипновыми, гипново-травяными. Максимальная мощность их колеблется от 1,4 до 5 м, уровни вод залегают на глубине 0,1 - 0,6 м. Коэффициенты фильтрации находятся в пределах 0,14 - 0,77 м/сут.

По химическому составу воды также гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Однако от предыдущего типа воды низинных болот ложбин стока отличаются повышенной минерализацией (0,37 - 0,46 г/дм³), повышенной общей жесткостью.

Обобщая вышесказанное, отметим что воды палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений находятся в обстановке интенсивного водообмена и имеют сходный гидрогеохимический облик. На Обь-Томском междуречье выделяется зона замедленного водообмена на глубинах 209 - 245 м, где формируются слабоминерализованные воды меловых отложений. Граница зоны замедленного водообмена осложнена глубинными тектоническими нарушениями, по которым она приближается к Томскому палеозойскому выступу.

Гидрогеохимическая зональность верхнемеловых и палеогеновых вод прослеживается от палеозойского обрамления в сторону погружения фундамента и от водораздела к долинам рр. Оби и Томи.

Фильтрационные свойства пород возрастают в зонах тектонических нарушений, что влияет на интенсивность инфильтрационного питания и перетоков между водоносными горизонтами и комплексами.

Значительная техногенная нагрузка на гидросферу данного района способствует переориентации направления движения подземных вод, повышению скоростей миграции загрязнителей, процессам взаимодействия пластовых и грунтовых вод, подверженных в зоне аэрации загрязнению, а также активизации водообменных процессов, связанных с вертикальными и горизонтальными перетоками в эксплуатируемый водоносный горизонт подземных вод из нижележащих меловых отложений, загрязненных вод зоны аэрации, наиболее подверженных техногенной нагрузке и наименее защищенных природно-территориальных комплексов, а также активизации перетоков загрязненных речных вод р. Томи.

2.2 Содержание важнейших химических элементов в водах Обь – Томского междуречья

Подземные воды - это сложные многокомпонентные системы, включающие в себя большое количество органических и неорганических веществ, находящихся в различных фазовых состояниях. Соотношение между различными формами диссоциированных ионов, ассоциированных частиц, комплексов минерального и органического происхождения определяется целым рядом факторов. Важнейшими из них являются кислотно-щелочная обстановка, величина окислительно-восстановительного потенциала, состав и состояние почв и пород, являющихся сопредельными средами для подземных вод, метеорологические условия, особенности микробиологических процессов, а также прямое и косвенное влияние различных видов антропогенных воздействий.

Изменение химического состава подземных вод междуречья отслеживалось по результатам режимных наблюдений Томской геологоразведочной экспедиции и работ, проводимых институтом проблем ЖКХ. Эти данные свидетельствуют об изменении химического состава

подземных вод различных водоносных горизонтов в представленных гидрогеохимических подрайонах, выражающемся, в первую очередь, в увеличении минерализации воды. Практически во всех подрайонах отмечено увеличение хлоридов и аммонийного азота. Очевидно, что эти изменения связаны с техногенной нагрузкой на изучаемую территорию.

Линия подземного водозабора (ТПВЗ) проходит через гидрогеохимические подрайоны Б-1, В-1, В-2, В-4 и А-9, где выделены аномальные участки Б1-1, Б1-2, Б1-3; В1-1, В1-2; В2-1, В2-2; В4-1 и А9-1.

Подземные воды всей исследуемой территории характеризуются повышенным содержанием железа (в пределах 0,6-4,0 мг/дм³). Особенно выделяются участки А9-1 и В2-1, где его количество достигает 3,6 мг/дм³ (рис. 2.1).

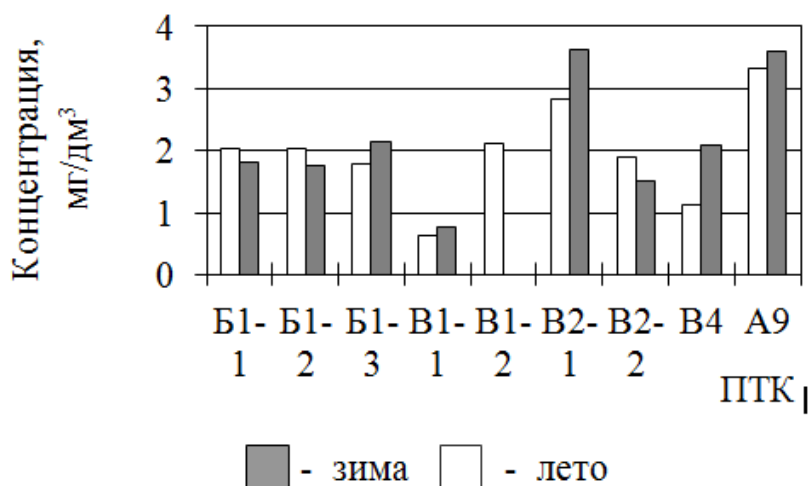


Рисунок 2.1 - Пространственное изменение содержания железа общего в водах палеогенового горизонта ОТМ

Основные пути поступления железа в воду и формы его миграции характеризуются следующими процессами:

- переход железа из горных пород (оксидов, сульфидов, силикатов и т.д.) осуществляется либо под влиянием окислителей (кислород и др.), либо при воздействии кислот (органических, угольной и т.д.) и микроорганизмов;
- двухвалентное железо при разрушении минералов под влиянием угольной кислоты переходит в виде бикарбоната в водный раствор. Для многих регионов, включая рассматриваемую территорию, эта форма

растворенного железа является преобладающей. Однако под действием кислорода двухвалентное железо переходит в трехвалентное;

- железо мигрирует также в форме гуминовых соединений, коллоидных растворов и механических взвесей.

В природных водах концентрация железа определяется осаждением-растворением соединений двух- и трехвалентного железа. Важнейшими факторами здесь служат величина pH, содержание органических веществ и состав важнейших катионов и анионов. В анаэробных условиях палеогенового горизонта с низким значением окислительно-восстановительного потенциала (-100 – +250 мВ), преимущественной формой существования является двухвалентное железо в виде гидрокарбоната $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

Особенностью подземных вод Западной Сибири и Дальнего Востока является высокое содержание железа в виде комплексных и коллоидно-растворенных соединений, образованных с участием гуминовых и фульвокислот. Гуминовыми кислотами являются сложные специфические природные высокомолекулярные соединения, образующиеся при трансформации растительных остатков или живых организмов под действием мезофауны, микроорганизмов и абиотических факторов. Структурными единицами гуминовых кислот являются фрагменты углеводородных цепей (20 - 30%) и аминокислот (5 - 10%), которые составляют так называемую гидролизуемую часть гуминовых кислот, отщепляемую при кипячении с кислотами. В состав негидролизуемой части входят ароматические кольца с присоединенными к ним различными функциональными группами (бензолподобные группировки). Их вклад в общее содержание углерода гуминовых кислот - от 5 до 30%.

В исследованных пробах воды органические вещества имели в своем составе 45 - 60 массовых % углерода, 4 - 6% азота, 3 - 5% водорода, 30 - 35% кислорода.

На участках В-1, В-2 и А-9 четко прослеживается повышение общего содержания железа по отношению к фону. При этом большая его часть представлена закисной формой, причем показатели в зимний период, как правило, выше, чем в летний (рис. 2.2).

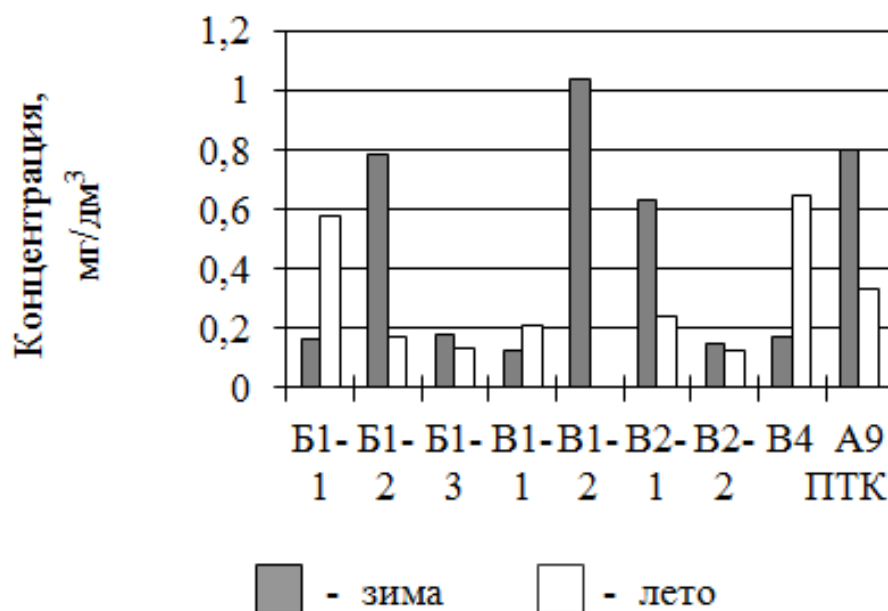


Рисунок 2.2 - Пространственная характеристика изменения содержания железа (II) в водах палеогенового горизонта ОТМ

Расчет соотношения "железо (II) / железо общее" за последние пять лет позволил выявить закономерное его повышение. Такое увеличение количества восстановленной формы металла свидетельствует об изменении окислительно-восстановительного потенциала в рассматриваемой природной системе в сторону его снижения.

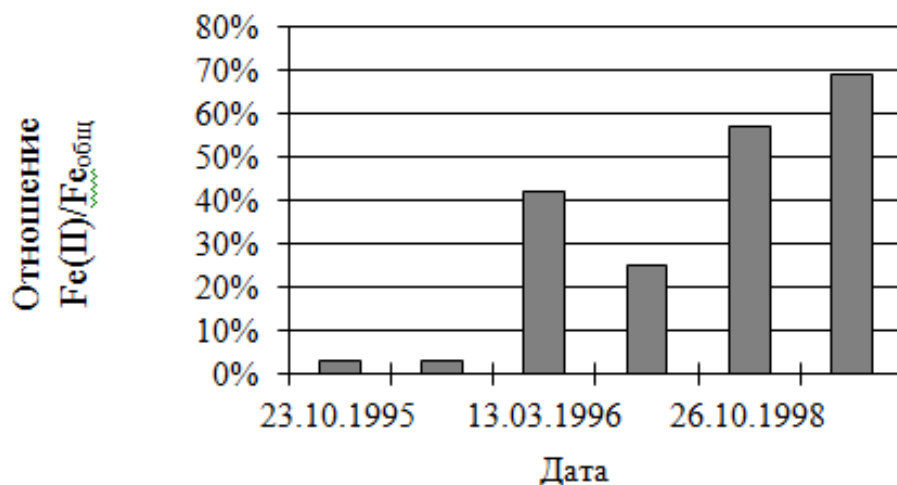


Рисунок 2.3 - Динамика изменения отношения Fe(II)/Fe_{общ} (скв. 120, подрайон Б1-1)

Наряду с высоким содержанием соединений железа, для вод нашего региона характерны повышенные концентрации ионов марганца (рис. 2.4). Среди тяжелых металлов марганец является одним из наиболее распространенных элементов. Основными источниками его поступления в природные воды являются железомарганцевые руды и некоторые другие минералы, содержащие марганец, главным образом в виде оксидов и сульфидов. Степень окисления марганца зависит от окислительно-восстановительного потенциала среды, концентрации водородных ионов, геохимических типов вод.

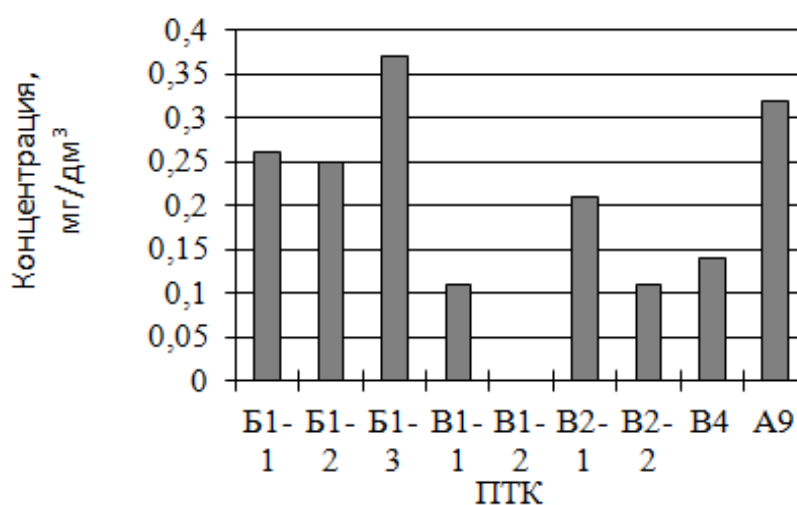


Рисунок 2.4 - Пространственное изменение содержания марганца в водах палеогенового горизонта ОТМ (лето)

Особенно легко подвержен водной миграции двухвалентный марганец. Наряду с двухвалентным железом, двухвалентный марганец слабо переходит в воду, но хорошо переносится ею. Марганец четырехвалентный и железо трехвалентное легче переходят в воду, но в воде слабо подвижны.

Основными миграционными формами для марганца в палеогеновом комплексе Обь-Томского междуречья являются ионы Mn^{2+} , а также четырехвалентный марганец в составе комплексных соединений, близких по составу к комплексным соединениям трехвалентного железа.

С момента начала работы Томского подземного водозабора отмечается постоянный рост содержания марганца в воде, параллельно с ростом содержания железа. Это настораживающая тенденция, так как в случае большого превышения ПДК по марганцу воду придется подвергать дополнительной стадии деманганации перед подачей потребителю. Это связано с тем, что упрощенная аэрация и фильтрование, достаточные для удаления большей части гидрокарбонатного железа, не позволяют перевести двухвалентный марганец и комплексы четырехвалентного марганца в труднорастворимую форму, чтобы затем отделить ее на обычных фильтрах.

Считается, что в подземных водах обычно невелико содержание алюминия и кремния. Это не всегда верно, так как часть этих литогенных элементов находится не в истинно растворенном виде (Al_3^+ , SiO_3^{2-}), а в виде коллоидных частиц. В связи с этим при анализе результаты определения валового содержания в воде алюминия и кремния оказываются заниженными, поскольку часть алюминий- и кремнийсодержащих частиц при пробоподготовке остаются на фильтре, а некоторые формы этих элементов не удастся полностью перевести в аналитически определяемые.

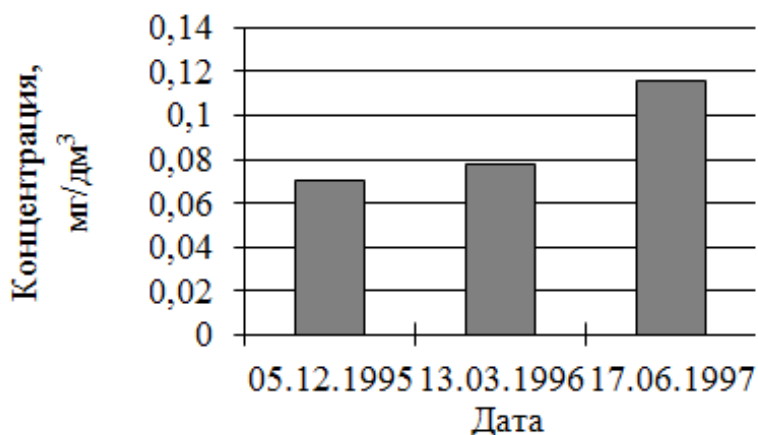


Рисунок 2.5 - Изменение содержания алюминия в водах палеогенового горизонта (скв. 120, подрайон Б1-1)

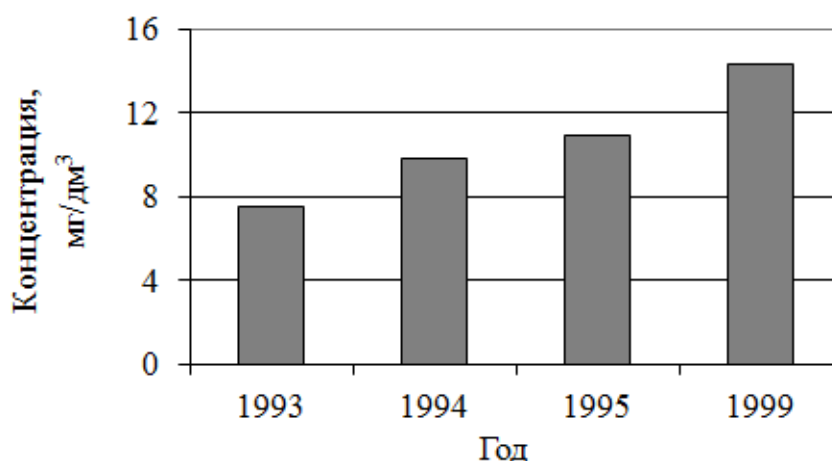


Рисунок 2.6 - Изменение содержания кремния в водах ОТМ (скв. 151, подрайон Б1-3)

Динамика изменения содержания кремния на различных участках территории Обь-Томского междуречья подталкивает к выводу о том, что происходит возрастание роли процессов выщелачивания. Так, в подрайонах Б1-2, В2-2, В-4 и А-9 концентрации кремния, превышающие 45 мг/дм^3 , наблюдаются как в летний период, так и зимой (рис. 2.7).

Высокое содержание кремния в воде делает ее дальнейшее использование достаточно проблематичным. Такая вода обладает специфической силикатной жесткостью, которая требует специальных приемов умягчения. Использование воды с большим содержанием кремния сопровождается выходом из строя водонагревательных и водопроводящих

систем, так как образующиеся на стенках кремнийсодержащие осадки уменьшают просвет труб, ухудшают их теплопроводящие и механические свойства, а удаление такой накипи обычными способами затруднительно. Кроме того, медики связывают повышение заболеваемости мочекаменной болезнью, поражение почек и печени с употреблением питьевой воды, содержащей большие количества кальция, магния и кремния [23]. Таким образом, возрастающее содержание соединений кремния в воде представляет важную проблему, требующую серьезного осмысления.

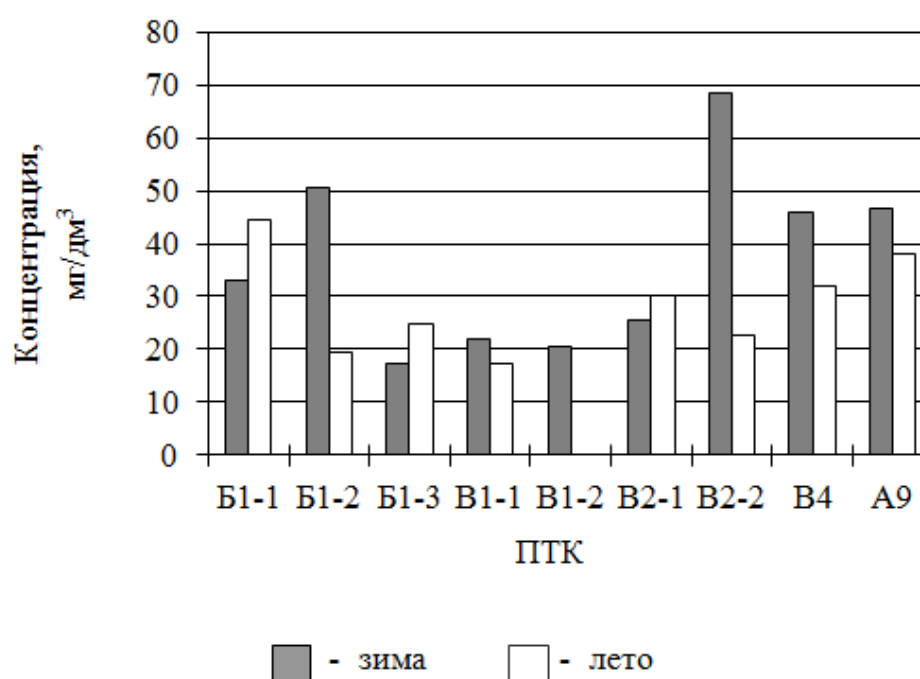


Рисунок 2.7 - Пространственное изменение содержания кремневой кислоты в палеогеновом горизонте ОТМ

Известно, что воды Обь-Томского междуречья относятся к маломинерализованным. Общая минерализация вод исследуемой территории к началу эксплуатации подземного водозабора находилась в пределах 200 - 300 мг/дм³ по сухому остатку. При этом сразу выделялся в сторону высоких значений подрайон А-9 (рис. 2.8).

В этом районе сухой остаток в пробах подземных вод зачастую превышают 1000 мг/дм³, а модальные значения составляют 400 - 500 мг/дм³.

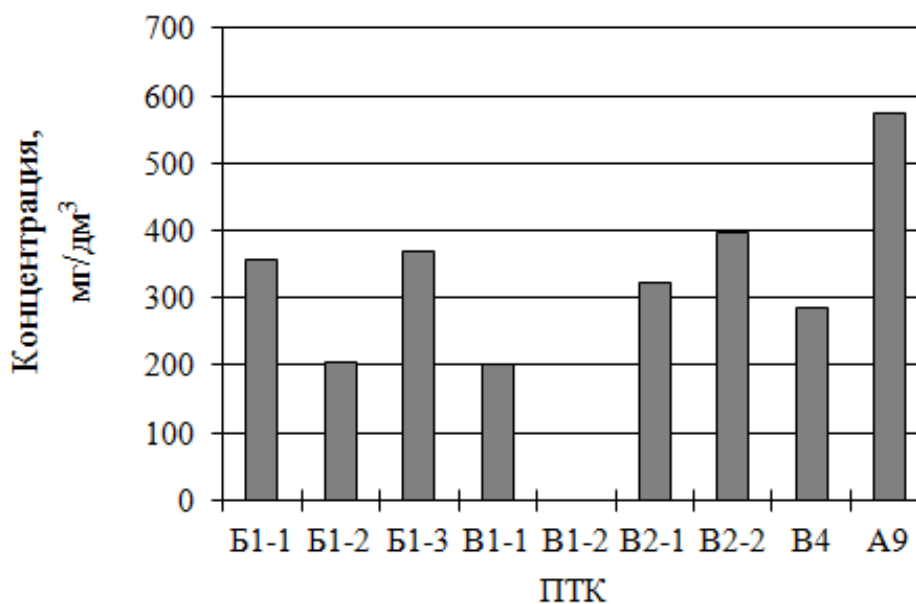


Рисунок 2.8 - Пространственное изменение величины сухого остатка (лето) в водах палеогенового горизонта

К настоящему времени сложилась ситуация, когда происходит медленное наращивание общего солесодержания. В наибольшей степени отмечается повышение содержания солей в подрайонах В-4, В-2 и А-9. Основной вклад в минеральную составляющую воды вносят гидрокарбонаты кальция и магния. Пространственное изменение величины жесткости в водах палеогенового горизонта отражено на рис. 2.9.

Сравнение общей жесткости с другими ее типами показывает, что для большинства скважин характерна карбонатная жесткость, и лишь северный участок А-9 представлен не только временной гидрокарбонатной, но и постоянной (хлоридной, фосфатной, сульфатной) жесткостью.

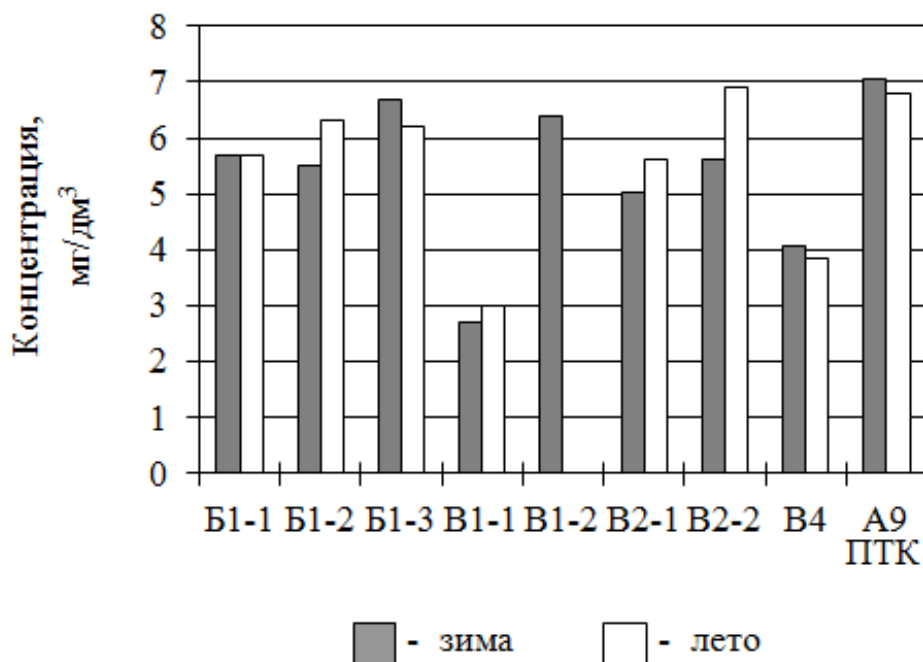


Рисунок 2.9 - Пространственное изменение величины жесткости в водах палеогенового горизонта ОТМ

Кислотно-основное равновесие в природных водах, как известно, во многом определяется состоянием буферной гидрокарбонатной системы. Свободная углекислота способна участвовать в растворении пород (углекислотное выщелачивание) и осадкообразовании по схеме:

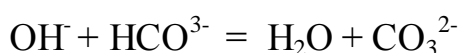
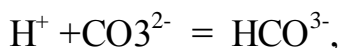


В восстановительных условиях при разрушении органических веществ гидрокарбонат- и карбонат-ионы образуются также при участии сульфатредуцирующих бактерий:

бактерии



Появление избыточных ионов H^+ или OH^- при протекании химических и биохимических процессов с разрушением пород и минералов практически не влияет или немного уменьшает рН за счет процессов их связывания:



Этим объясняется относительная устойчивость значений рН в пределах рассматриваемых участков и отдельных скважин.

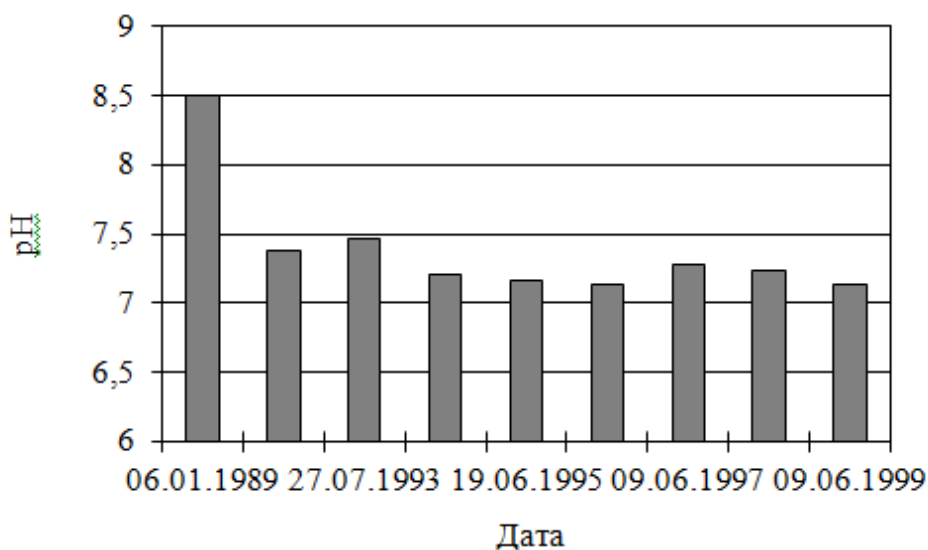


Рисунок 2.10 - Динамика изменения рН (скв. 151, участок Б 1-3)

В процессах углекислотного выщелачивания и биогеохимического преобразования водовмещающих пород участвует углекислый газ, выделяющийся в результате разрушения органических веществ и биохимических реакций. Участие кислорода весьма ограничено, так как при проведении анализов подземных вод отмечается очень низкое содержание растворенного кислорода а, кроме того, низкие значения окислительно-восстановительного потенциала. Таким образом, окислителями в данном случае служат сами органические вещества.

За годы эксплуатации подземного водозабора содержание хлорид-ионов несколько повысилось, но продолжает оставаться на уровне фоновых значений. Однако существуют аномальные участки, где и двадцать лет назад, и сейчас содержание хлорид-ионов значительно превышает не только фоновые значения, но даже ПДК по хлоридам для питьевой воды (350 мг/дм³) (рис. 2.11, 2.12).

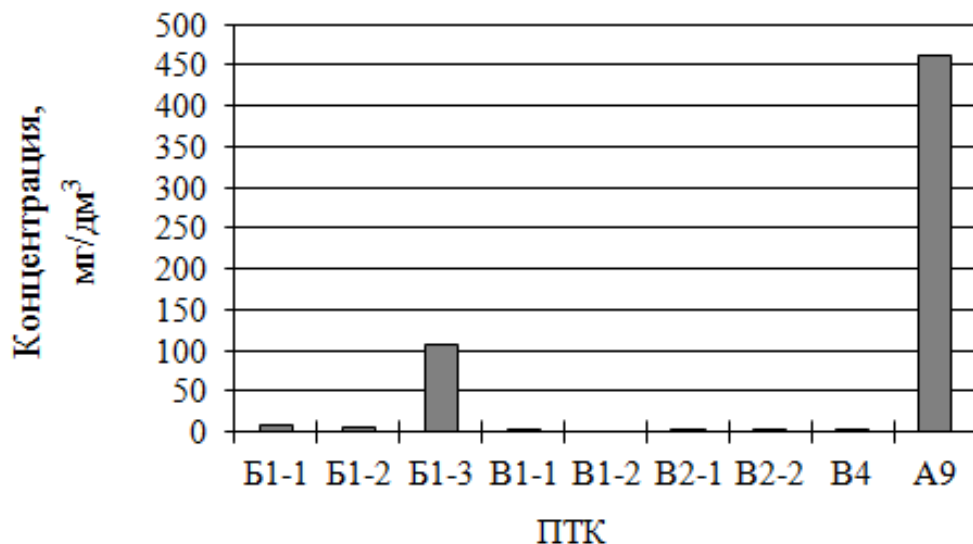


Рисунок 2.11 - Пространственное изменение концентрации хлоридов (лето) по ОТМ

Имеющиеся на сегодня данные не позволяют однозначно объяснить причину этого явления. В качестве возможных вариантов можно назвать вертикальные и горизонтальные перетоки из смежных водоносных горизонтов, изменение условий растворимости горных пород и минералов, в контакте с которыми находится подземная вода.

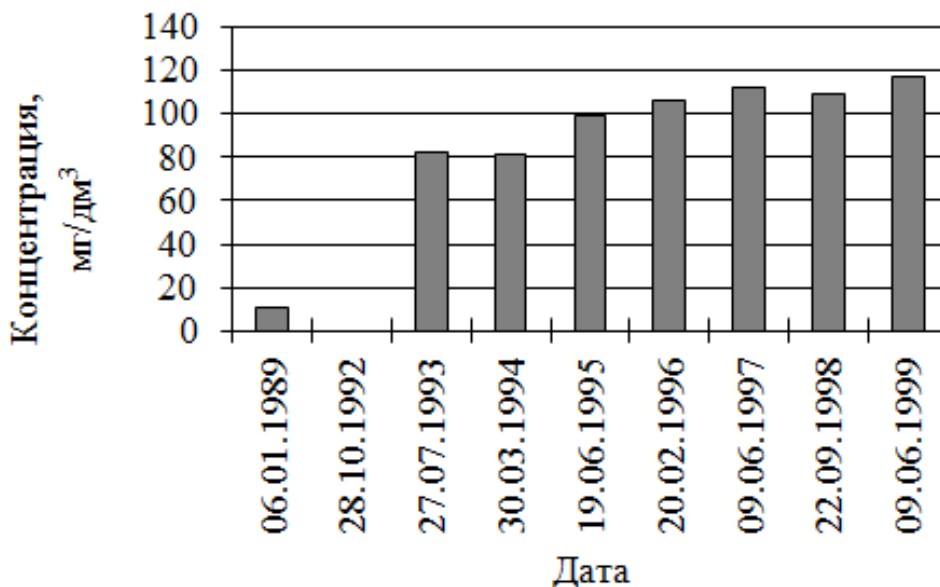


Рисунок 2.12 - Изменение содержания хлоридов (скв. 151, участок Б 1-

3)

Важным компонентом состава природных вод является фторид-ион. Как его недостаток, так и избыток плохо отражаются на здоровье человека. Оптимальное для питьевых целей содержание фторидов в воде находится в пределах от 0,75 до 1,5 мг/дм³. Для поверхностных вод Обь-Томского междуречья содержание фторидов незначительно, не превышает 0,3 мг/дм³.

Таким образом, степень измененности химического состава подземных вод эксплуатируемого водоносного комплекса на разных его участках различна.

Наряду с рассмотренными компонентами важными составляющими ионного состава природных вод являются азотсодержащие соединения.

В природных водах Обь-Томского междуречья минеральные соединения азота обнаруживаются в виде ионов NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- . Естественными их источниками являются атмосфера, органические вещества белкового происхождения и вмещающие породы.

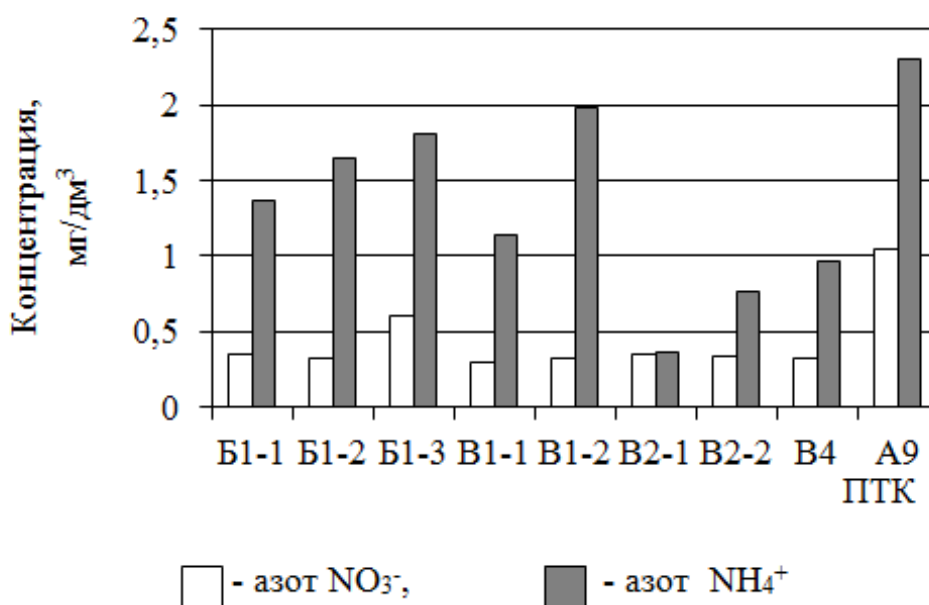


Рисунок 2.13 - Пространственное изменение концентраций азота нитратного и азота аммонийного в палеогеновых водах

Геохимические свойства подземных вод сельскохозяйственных регионов определяются уже не столько нитратными, сколько аммонийными ионами. Содержание их в некоторых поверхностных водотоках, водоемах,

шахтных колодцах достигает нескольких десятков мг/дм³. В случае утечек стоков, содержащих аммиак, зарегистрированы концентрации ионов NH₄⁺ в грунтовых водах от 5 до 15 мг/дм³. Экологические последствия этого крайне неблагоприятны, так как малоокисленные и восстановленные формы азота (ионы NO₂⁻ и NH₄⁺) токсичнее, чем ион NO₃⁻. Если предельно допустимая концентрация нитрат-ионов в питьевой воде составляет по зарубежным стандартам 45 - 50 мг/дм³, то ПДК для ионов аммония и нитрит-ионов составляет менее 1 мг/дм³ [49]. В России ПДК для ионов аммония составляет 2 мг/дм³, а для нитритов - 3 мг/дм³ [24].

Угрожающая тенденция увеличения концентраций соединений азота в подземных водах, их распространения на значительных участках продуктивных водоносных горизонтов привлекают внимание исследователей к проблеме нитратного и аммонийного загрязнений [25, 26]. Особенностью соединений азота является их хорошая растворимость в воде, которая предопределяет следующие геохимические последствия:

- ни один компонент химического состава природных вод не может лимитировать накопление ионов NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺ в водах, поэтому при увеличении минерализации воды концентрация азотсодержащих форм может беспрепятственно повышаться;

- образование труднорастворимых химических соединений при взаимодействии нитратов, нитритов, аммония с веществом подземных вод и пород в реальных условиях формирования подземных вод невозможно, а образование ими твердой фазы возможно только при испарительном концентрировании поверхностных вод;

- в условиях формирования маломинерализованных подземных вод хозяйственно-питьевого назначения ионы NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ практически не участвуют в процессах комплексообразования.

Таким образом, ионы NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ являются прекрасными мигрантами в природных водах. В подземной воде нет компонентов,

способных химически осадить их в твердую фазу. Единственный путь осаждения этих соединений азота в твердую фазу - сорбционное осаждение.

Другим геохимическим фактором, влияющим на изменение концентрации различных соединений азота в подземных водах, является их окислительно-восстановительный потенциал, способствующий проявлению определенных биохимических процессов, трансформирующих эти соединения. Литературные данные [27] показывают, что увеличение окислительно-восстановительного потенциала до +200 мВ и выше приводит к быстрому приближению концентраций нитрат-ионов к максимальным, а ионов аммония - к минимальным значениям. При значениях $E_h < +200$ мВ происходит быстрое уменьшение содержания нитратов, и при величинах $E_h < +100$ мВ нитраты обнаруживаются в концентрациях менее 1 мг/дм^3 , в то время как содержание ионов аммония максимально. Это полностью соответствует результатам химико-аналитических исследований вод ОТМ.

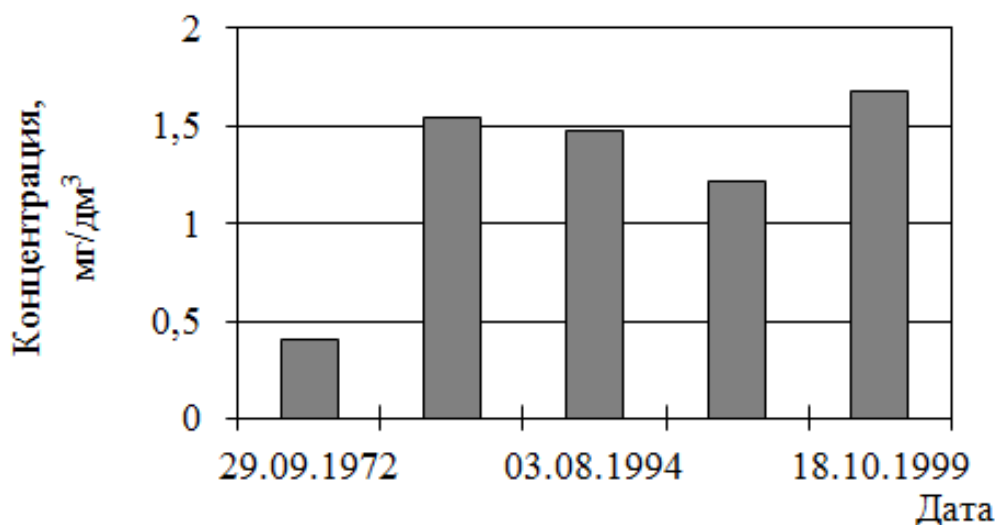
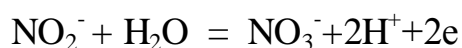


Рисунок 2.14 - Динамика изменения концентрации аммония солевого в скважине 4р

Из Eh-pH диаграмм соединений азота [28] следует, что нитрификация по схеме $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ происходит только при величинах $\text{pH} > 7$. В этом случае окисление нитрит-ионов идет по схеме:



В кислой среде происходит непосредственное окисление и восстановление.

Таким образом, чем меньше рН, тем меньшими должны быть равновесные концентрации нитрит-ионов в подземных водах [25].

Нитрит-ион восстанавливается быстрее, чем нитрат-ион, а окисляется быстрее, чем ион аммония, нитрит-ион выступает как промежуточный в процессах окисления-восстановления.

Повышенное содержание аммонийного азота связано со стоками, содержащими аммиак. На сельскохозяйственных территориях увеличение концентрации аммонийного азота в подземных водах связано с тем, что кинетика процесса нитрификации "отстает" от темпов внесения азотных и органических удобрений. В зоне аэрации эти удобрения нитрифицируются и усваиваются не полностью, и значительная часть аммонийного азота достигает не только уровня грунтовых вод, но и распространяется по потоку подземных вод напорных водоносных горизонтов на большие расстояния.

Качественный и количественный состав органических веществ, входящих в состав подземных, а тем более поверхностных вод весьма разнообразен. В природных водах встречаются практически все известные классы органических соединений: предельные и непредельные, циклические и ациклические, ароматические углеводороды, спирты, фенолы, карбоновые кислоты, альдегиды, кетоны, эфиры, углеводы, белки, гетероциклические соединения.

Для растворимых в воде органических веществ наиболее общими количественными показателями являются традиционно определяемые Сорг, Норг, Рорг, а также перманганатная и бихроматная окисляемость, которые позволяют достаточно достоверно оценить общее содержание органического вещества.

Содержание индивидуальных соединений и групп растворенных органических веществ в подземных водах изменяется в следующих пределах, мг/дм³:

жирные кислоты	$n 10^{-1} - n 10^3$
нафтеновые кислоты	$n 10^{-2} - n 10^2$
битумы	$n 10^{-1} - n 10^2$
фенолы	$n 10^{-2} - n 10^1$
бензол	$n 10^{-2} - n 10^1$
толуол	$n 10^{-2} - n 10^1$
аминокислоты (Nорг)	$n 10^{-5} - n 10^{-3}$
амины (Nорг)	$n 10^{-5} - n 10^{-4}$
спирты	$n 10^{-3} - n 10^0$
альдегиды и кетоны	$n 10^{-2} - n 10^{-1}$
сложные эфиры	$n 10^0 - n 10^1$.

Основными источниками поступления природных органических веществ в подземную воду являются горные породы, почвы, месторождения нефти, газа, торфа, угля. На урбанизированных территориях значительный вклад могут дать сточные воды и свалки бытового мусора.

Содержание органических веществ в природных водах можно оценить по косвенным показателям. Ими является полная и частичная окисляемость. Частичная (перманганатная) окисляемость указывает на относительное количество легко окисляющихся органических соединений и соответствует примерно 50% общего органического углерода. Полная окисляемость (бихроматная или ХПК) соответствует практически 98% органических веществ, способных окисляться сильными окислителями в жестких условиях. На рисунке 2.15 показано пространственное изменение величин ХПК и перманганатной окисляемости для подземных вод междуречья.

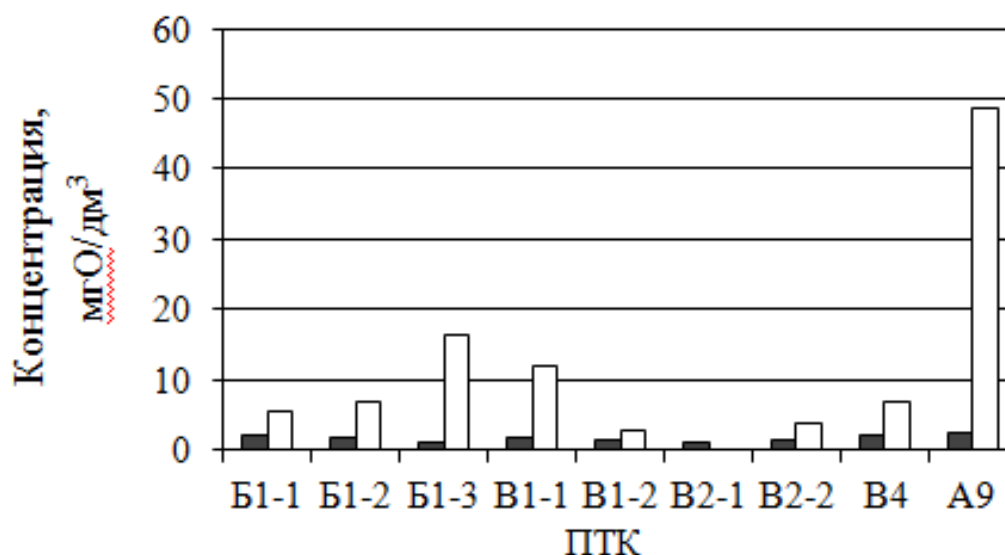


Рисунок 2.15 - Пространственное изменение величины ХПК (■) и величины перманганатной окисляемости (□) в водах ОТМ

В среднем, величина перманганатной окисляемости в изученных ПТК составляет от 1,0 до 1,7 мгО/дм³. Максимальная величина этого показателя 2,7 и 2,4 мгО/дм³ отмечена в подрайонах B1-1 и A9-1. По величине ХПК резко выделяется подрайон A9-1, где она достигает 50 мгО/дм³. Здесь содержание органических веществ приближается к содержанию в поверхностных водах. В совокупности с ранее приведенными данными, еще раз подтверждается картина многокомпонентного узкоплощадного загрязнения продуктивного горизонта в подрайоне A9-1.

Причины большого содержания органических веществ в подрайонах B-1 и A9-1 разные. На первом участке оно вызвано техногенным процессом развития зоны аэрации. Скважины южных участков имеют меньшую, чем на севере, глубину, и слои водоупоров над ними не отличаются большой толщиной. Это дает право полагать, что основными источниками поступления органических веществ в подрайонах B-1 и B-4 являются нисходящие потоки и перетоки из р. Томи.

2.3 Оценка уязвимости природных вод Обь-томского междуречья

К настоящему времени, в соответствии с существующей схемой подсчета эксплуатационных запасов подземных вод, полностью введены в

эксплуатацию первая и вторая очереди водозабора (141 скв.). На третьей очереди работают пока 36 скважин. Всего в эксплуатации, соответственно, находится 177 скважин. Из этого числа в работе находится от 128 до 148 скважин (72 - 83% от общего количества скважин), которые подают 200 - 237 тыс. м³/сут. По различным причинам бездействуют от 29 до 49 скважин, что составляет 17 - 28% от их общего числа. Это превышает нормативный показатель для резервного числа скважин, который не должен превышать 20%.

Под воздействием такой крупной водозаборной системы, как “Томскводоканал”, произошли значительные изменения гидрогеохимических и гидродинамических условий эксплуатируемого водоносного комплекса палеогеновых отложений и подстилающего водоносного комплекса меловых отложений. В связи с этим возникает необходимость выработать оптимальные режимы эксплуатации водозабора, чтобы уменьшить его негативное воздействие на подземную гидросферу.

Поочередность ввода в эксплуатацию больших групп скважин, ступенчатое наращивание производительности водозабора - всё это определило различную продолжительность и степень воздействия его на состояние существующей гидросферы. Линейное расположение скважин водозабора, пересекающее значительное число природно-территориальных комплексов [20], различие граничных условий водоносных горизонтов создали неравномерное избирательное изменение гидродинамических условий природных вод.

Анализ эксплуатации Томского подземного водозабора в течение нескольких последних лет (1990-1997 гг.) показал, что если в 1990 г. водозабор эксплуатировался в пределах проектной нагрузки (1830 м³/сут на 1скважину), то в последние годы практически половина (около 80) действующих скважин работает с повышенной нагрузкой. В 1995 г. основная нагрузка при эксплуатации легла на III очередь водозабора, где средняя производительность одной скважины составляла 1934 м³/сут, при этом

сработка уровней эксплуатируемого водоносного горизонта колебалась в основном от 5 до 7 м. В 1997 году, несмотря на то, что нагрузка на III линии была уменьшена (годовой водоотбор по сравнению с 1995 годом уменьшился на 3,1 млн. м³) наблюдалось дальнейшее снижение уровней, сработка которых превысила 7,0 м.

Незначительно уменьшилась производительность на первой линии водозабора: с 37,7 млн. м³ до 37,3 млн. м³, то есть удельный водоотбор с 1 м длины водозабора практически не изменился, оставаясь на уровне проектного (в пределах 4,5 - 4,9 м³/сут) на участке скважин 1 - 40 и увеличиваясь от 5 до 6,2 м³/сут на участке скважин 41 - 68.

Производительность второй линии водозабора возросла практически на 2,9 млн. м³ (в 1995 г. она составляла 26,5 млн. м³, в 1997 г. - 29,4 млн. м³). Удельный водоотбор при этом не превышал проектной величины и составил 2,6 - 4,6 м³/сут.м. Таким образом, сработка эксплуатационных запасов происходит с различной интенсивностью на отдельных участках, особенно это заметно на примере эксплуатации первой очереди водозабора. Здесь, несмотря на практически одинаковую продолжительность эксплуатации, сработка уровней подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта разная. Проведенный анализ показал, что наибольшая сработка уровней наблюдается на участке скважин 1 - 20, где она достигает 12 - 16 м, хотя величина водопритока, как и на участке скважин 21 - 39, где сработка уровней составляет в основном 7 - 9 м, остается одинаковой - 4,5 - 4,9 м³/сут.м. Снижение уровней в водоносном горизонте превысило допустимую отметку - 68,0 м в начале первой очереди водозабора, что свидетельствует о возможности периодического привлечения поверхностных вод реки Томи. Создавшееся на настоящий момент положение, а именно наибольшая сработка уровней на фланге линейного водозабора, а не на середине ряда (как это характерно для однородной геологической среды), объясняется близостью границы с постоянным расходом (граница распространения

палеогенового водоносного комплекса) и резким уменьшением водопроницаемости к этой границе.

Другой участок максимальной сработки уровней палеогенового водоносного горизонта наблюдается также на линии первой очереди водозабора (район скважин №№ 42 - 53), где её величина достигает 10,2 - 13,7 м (по данным на 1997 г.).

Значительная сработка уровней на указанном участке может быть объяснена близким расположением первого водозабора г. Северска.

Статический уровень перед началом эксплуатации водозабора устанавливался на глубине 10,7 - 20 м, динамический – 14,65 - 30,3 м. В 1993 г. статический уровень был уже на глубине 24 - 23,4 м, динамический – 19 - 39,3 м. Анализ динамического уровня за период с 1988 г. по 1993 г. показал, что стабилизации уровней не наблюдается (снижение динамического уровня за этот период составило 0,5 - 20,1 м). Несмотря на это, производительность практически половины скважин продолжает снижаться, причем зачастую наблюдается снижение производительности скважин даже при увеличении понижения.

На Томском подземном водозаборе, на формирование состава подземных вод в зоне влияния водозабора оказывает влияние гидрологический фактор, то есть воды р. Томи. Попадая в зону влияния водозабора, загрязненные поверхностные воды увеличивают скорость движения и, распространяясь на значительные площади, могут быть привлечены для восполнения запасов эксплуатируемого палеогенового комплекса.

Многолетняя эксплуатация Томского и Северского водозаборов привела к образованию депрессионной поверхности в эксплуатируемом водоносном комплексе палеогеновых отложений. Зона влияния первой очереди локализуется вдоль его линии. На юге она практически достигает р. Черная, на юго-востоке - границы выклинивания палеогенового водоносного горизонта, которая находится в 4 - 8 км от водозабора. На западе эта зона

распространилась на 15 - 25 км от линии водозабора вглубь междуречья, практически до р. Оби. В восточном направлении зона влияния охватывает территорию, включающую как левобережье, так и правобережье р. Томи, что обусловлено образованием единой, очень крупной воронки депрессии в результате эксплуатации Томского и Северских водозаборов.

С вводом в эксплуатацию второй очереди водозабора зона влияния распространилась на север, хотя размеры её пока незначительны, что показывает невысокая по сравнению с I очередью сработка уровней. Так, средняя сработка уровня на участке скважин 104 - 127 колеблется в пределах 2,2 м. Довольно незначительная сработка на данном участке объясняется тем, что из существующих 58 скважин эксплуатируется около 40, а также невысокой нагрузкой. Хотя водоотбор на II линии водозабора в 1997 г. превышал водоотбор в 1995 г. на 2,9 млн. м³ и составил 29,4 млн. м³, удельный водоотбор не превышал допустимую величину. В 1995 г. он составлял 2,96 - 3,72 м³/сут, в 1997 г. в течение года он изменялся от 1,6 до 4,6 м³/сут [29].

Значительная сработка уровней палеогенового водоносного горизонта в районе III очереди водозабора в течение всего срока эксплуатации (от 0,4 до 8,1 м, средняя 5,4 м) объясняется, по-видимому, довольно высоким удельным водоотбором. И хотя по сравнению с 1995 годом в 1997 г. водоотбор был снижен практически на 15,5% (3,1 млн. м³), удельный водоприток оставался выше проектного (в 1995 г. он составлял в среднем 6,6 м³/сут.м, в 1997 г. - 5,1 - 7,3 м³/сут.м). С точки зрения сработки уровней (допустимые понижения здесь возможны до 30 м), такие темпы эксплуатации третьей очереди водозабора не представляют опасности, однако дальнейшее повышение интенсивности работы данной очереди не рекомендуется в связи с тем, что она расположена так же, как и часть второй очереди, в зоне крупных тектонических нарушений.

Наличие на расстоянии 15 - 17 км от водозабора полигона захоронения жидких радиоактивных отходов создает угрозу загрязнения

эксплуатируемого водоносного комплекса, так как естественный поток подземных вод меловых отложений, в которые осуществляется закачка ЖРО, направлен от района захоронения в область разгрузки данных вод - северную часть Обь-Томского междуречья, где и расположены III и часть II очереди подземного водозабора.

Влияние хозяйственной деятельности на гидрогеологические условия проявляется в двух основных направлениях: а) изменение гидрохимических условий и загрязнение подземных вод; б) сработка уровней подземных вод и истощение запасов.

Наиболее актуальной в настоящее время является проблема загрязнения подземных вод, в особенности пресных, являющихся важным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения. Загрязнение подземных вод может проявляться регионально, распространяясь на довольно значительные территории.

Под загрязнением подземных вод понимаются любые изменения качества вод (физические, химические, биологические свойства) по сравнению с ее естественным состоянием. К загрязнению следует относить поступление в подземные воды загрязняющих компонентов в любых концентрациях, даже в самых незначительных, так как само их присутствие в подземных водах уже указывает на возможную опасность их использования. Критерием оценки степени загрязнения служат изменения органолептических свойств, нормы ПДК отдельных компонентов и обобщенных показателей качества воды.

Основными очагами загрязнения являются: атмосфера, поверхностные водотоки и водоемы, оттохохранилища. Загрязняющие компоненты с поверхности земли (почвы) вместе с атмосферными осадками инфильтруются в грунтовые воды. Загрязненные поверхностные воды в результате взаимосвязи попадают в горизонты подземных вод.

В большинстве случаев загрязнение подземных вод вызывается поверхностными и подземными водами с повышенной минерализацией или

содержащими отдельные компоненты сверх допустимых для питьевых вод норм.

Результаты ряда опробований, проводимых с 1990 г. в ходе гидрогеохимических исследований сотрудниками СО АН СССР, Санэпиднадзора, Госкомэкологии, ТПИ, «Томскгеомониторинг» и другими организациями по изучению химического состава поверхностных и подземных вод в бассейне среднего и нижнего течения р. Томи, показали, что ниже г. Кемерово вода в р. Томи содержит токсичные элементы (фенолы, различные смолы, хлор-органические соединения и др.) в количествах, значительно превышающих ПДК. Эти же ингредиенты, в несколько меньших концентрациях, но нередко превышающих предельно допустимые, выявлены на некоторых участках распространения грунтовых (прежде всего аллювиальных) вод, в том числе и в Томском районе [30].

Воды р. Томи в настоящее время широко используются для технических, а зачастую и для питьевых целей в процессе эксплуатации как поверхностных, так и инфильтрационных водозаборов. Они также участвуют и в формировании привлекаемых запасов верхнего водоносного горизонта в процессе эксплуатации подземных водозаборов, расположенных сравнительно недалеко (сотни метров и первые километры) от русла реки. Проникновение загрязнения в подземные воды и его распространение по водоносному горизонту резко усиливается в условиях интенсивного водоотбора подземных вод, в данном случае в процессе эксплуатации Томского и двух Северских подземных водозаборов. Развивающаяся в результате отбора подземных вод воронка депрессии способствует инфильтрации загрязняющих веществ с поверхности земли, подтягиванию загрязненных поверхностных и минерализованных подземных вод, увеличению масштабов загрязнений водоносного горизонта. Чем больше сработка запасов подземных вод и снижение их уровней, тем более благоприятные условия создаются для проникновения загрязняющих

веществ в подземные воды, т.е. загрязнение подземных вод при интенсивном их водоотборе напрямую связано со сработкой их запасов.

Вероятность взаимосвязи поверхностных вод с подземными водами эксплуатируемого водоносного комплекса палеогеновых отложений подтверждается результатами ряда исследований, проводимых Институтом химии нефти ТФ СО АН СССР [31], Институтом проблем ЖКХ [32]. Так, в 1991г. по данным исследований Института проблем ЖКХ, в эксплуатационной скважине № 56 Томского водозабора было отмечено содержание фенола, превышающее в 100 раз ПДК [20], в эксплуатационных скважинах № 45, 49 54, 56 - бактериологическое загрязнение. Общее микробное число там составило 1400 - 2500 микроорганизмов (ПДК = 100), а коли-индекс достиг 4 (ПДК - 3). Возможность подтока поверхностных вод из р. Томи в районе южного участка Томского водозабора была отмечена ещё в 1983 г. при переоценке запасов подземных вод, проводимой Томской геологоразведочной экспедицией [33].

Проведена предварительная оценка притока поверхностных вод из р. Томи методом расчета объема фильтрующихся поверхностных вод и притока со стороны реки Томи к водозабору.

Для расчетов принято условие, что водоем (река) расположен в неограниченном пласте. Фильтрационные потери из водоема на 1 пог. м его длины определялись по формуле, приведенной в работе [34]:

$$q_{\phi} = \frac{k \cdot h_s (H_2 - H_1)}{\sqrt{\pi \cdot a (t - t_1)}}, \quad (2.1)$$

где k - коэффициент фильтрации, м/сут;

h_s - средняя глубина фильтрационного потока, м;

H_1 - глубина грунтового потока в сечении, проходящем через урез воды в водоеме (реке), м;

H_2 - глубина фильтрационного потока на уресе водоема (реки), м;

t - время фильтрации, сут;

t_1 - начало фильтрации = 0;

a - пьезопроводность пласта, м²/сут:

$$a = \frac{k \cdot m}{\mu}, \quad (2.2)$$

где k - коэффициент фильтрации пласта, м/сут;

m - мощность пласта, м;

μ - водоотдача пласта.

Средняя глубина фильтрационного потока со свободной поверхностью определяется по формуле:

$$h_s = H_{max} \beta, \quad (2.3)$$

где β - коэффициент, зависящий от отношения H_{min}/H_{max} ;

H_{max} - максимальная глубина потока в однородной толще или приведенная глубина в неоднородно-слоистой толще, м;

H_{min} - минимальная глубина потока, м.

Сопротивление грунтов, залегающих под дном водоема, учитывается путем введения в расчетную формулу фильтрационного сопротивления Δl , тогда формула для расчета фильтрационных потерь принимает выражение:

$$q_\phi = \frac{k \cdot h_s (H_2 - H_1)}{\Delta l + \sqrt{\pi \cdot a \cdot t}}, \quad (2.4)$$

Величина сопротивления грунтов, залегающих под дном водоема, рассчитана по формуле, приведенной в работе [34]:

$$\Delta l = \frac{L_n \cdot m h_s}{w}, \quad (2.5)$$

где L_n - периметр водоема, м;

m - мощность грунтов зоны аэрации, м;

h_s - средняя глубина потока, м;

w - площадь водоема, м².

Фильтрационные потери из водоема (реки) рассчитаны по формуле:

$$Q_{\phi} = q_{\phi} \cdot L_n, \quad (2.6)$$

где q_{ϕ} - фильтрационные потери на 1 пог. м длины водоема, м²/сут;

L_n - периметр водоема, м.

Исходные данные и результаты расчетов фильтрационных потерь из реки для выделенных участков по первой очереди Томского водозабора и для водозабора № 1 г. Северска приведены в таблице.

Таблица 2.1 - Фильтрационные потери из р. Томи

№ п/п	Номер расчетного участка	Уровень грунтового вод в режимной скв. (абсолют. отгм.) м	Уровень р. Томи (абсолют. отгм.) м	Параметры верхнего слабопроницаемого слоя		Параметры нижнего хорошо проницаемого слоя		Периметр водоема L_n , м	Площадь водоема w , м ²	Период фильтрации t сут	Удельные фильт. потери Q_{ϕ} , м ³ /сут.	Фильтрационные потери, Q_{ϕ} , м ³ /сут.
				Кэф. Фильт. трац. K_1 , м/сут	Мощность m_1 , м	Кэф. фильт. трац. K_2 , м/сут	Мощность m_2 , м					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	I (скв. 1-20)	71,6	74,74	0,01	13,44	38,8	28,06	22750	7227500	45	1,52	34580
2	II (скв. 21-39)	72,2	74,74	-	-	38,8	34,7	10800	1240000	45	3,84	41484,2
3	III (скв. 40-58)	71,0	74,74	0,01	32,52	38,7	34,1	19400	5092500	60	2,55	49470
4	IV (скв. 59-94)	73,6	74,74	0,01	27,63	22,4	53,5	24534	10927100	25	0,67	16347,8
5	Водозабор г. Северска № 1	65,7	74,74	-	-	38,7	60,0	11400	-	75	15,85	180709

Как видно из расчетов, наибольшие фильтрационные потери наблюдаются в районе водозабора № 1 г. Северска (фильтрационные

потери на 1 пог. м длины водоема составляют 15,9 м²/сут), а также в районах II-го и III-го выделенных участков. Часть фильтрационных потерь компенсируется за счет привлечения воды из реки. Предварительные расчеты по определению таких притоков выполнены в соответствии с расчетной схемой.

Величину удельного притока к скважинам водозабора со стороны контура питания (реки Томи) рассчитываем по формуле, приведенной в работе [35]:

$$q = T \frac{H_o - H_l}{L} , \quad (2.7)$$

где H_o - уровень потока контура питания (реки), м;

H_l - уровень потока в скважине, м;

L - расстояние между рекой и водозабором, м;

T - проводимость потока, м²/сут:

$$T = K \cdot m , \quad (2.8)$$

где K - коэффициент фильтрации водоносного горизонта, м/сут;

m - мощность водоносного горизонта.

Как видно из расчетов, во время весеннего паводка, когда уровень р. Томи превышает уровни подземных вод в эксплуатируемых скважинах, величина объема поверхностных вод, притекающих со стороны реки, на участке I (скв. 1 - 20) достигает примерно половины от общего дебита. На участке III (скв.40 - 59) эта величина достигает 70%, на участке водозабора № 1 г. Северска она составляет около 30%.

Проведенные расчеты дают приблизительную картину сложившейся ситуации в силу отсутствия полной информации. Отсутствие достаточного количества достоверных геолого-гидрогеологических разрезов, построенных с учетом наличия перекрывающих слабопроницаемых пород и их мощности, литологических "окон", а также полной и достоверной информации о гидродинамическом и гидрогеохимическом режимах подземных вод не

позволяют на данный момент осуществить более точные расчеты. Однако полученные результаты, бесспорно, подтверждают наличие взаимосвязи поверхностных вод р. Томи с подземными водами эксплуатируемого водоносного горизонта палеогеновых отложений, а значит, и реальную угрозу загрязнения подземных вод.

3 Анализ технологической эффективности водопользования

3.1 Сооружения Томского подземного водозабора

При проектировании данного водозабора была принята следующая система очистки воды. Подаваемая вода из артезианских скважин поступает в аэраторы, в них она обогащается кислородом с помощью излива воды из трубы. Из аэраторов вода попадает на скорые фильтры, для очищения от железа. В дальнейшем осветленная вода поступает по трубопроводу в резервуары чистой воды, откуда насосами второго подъема подается потребителю по водоводам чистой воды на насосные станции третьего подъема и перекачивается в водопроводную сеть г. Томска.

На основании вышеуказанного, проектом предусмотрен следующий состав сооружений подземного водозабора, включая очистные сооружения по обезжелезиванию подземных вод (Рисунок 3.1) [36].

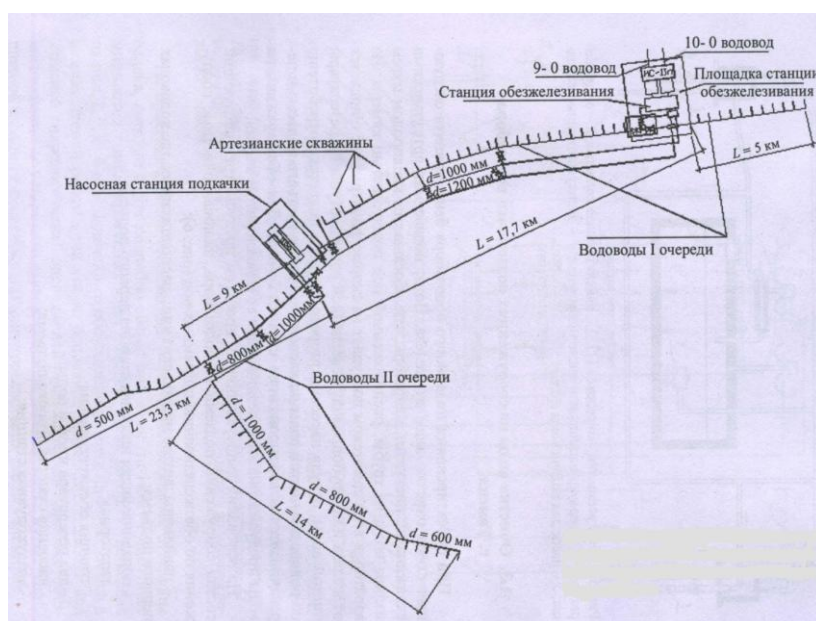


Рисунок 3.1 – Схема артезианских скважин, водоводов I и II подъемов и станции обезжелезивания подземного водозабора г. Томска

Водоводы первого подъема с павильонами артезианских скважин

Томский подземный водозабор представляет собой линейный ряд скважин, количество которых – 184. Все скважины оборудованы погружными насосами. Напорный водовод первого подъема сделан из стальных труб производительностью 260,0 тыс. м³/сут. Длина данного водовода составляет более 60 км. Так же водовод оборудован вантузами и ремонтными задвижками для выпуска воздуха. Глубина заложения труб составляет 2,5 – 3 м.

Аэрационная

По двум трубопроводам вода поступает из скважин, где изливаясь из труб, освобождается от диоксида углерода растворенного в ней, обогащаясь кислородом. В аэрационной обеспечивается трехкратный воздухообмен при помощи двух вентиляторов.

Станция обезжелезивания

Производительность станции обезжелезивания – 207,5 тыс. м³/сут. Станция состоит из 24 однопоточных скорых фильтра, которые разделены на 2 блока по 12 штук. Фильтры с центрально расположенным каналом между двумя секциями и с тремя распределительными стальными полукруглыми лотками в каждой секции. Движение воды происходит сверху вниз. Суммарная площадь фильтрации составляет 1094,4 м². Фильтры загружены отсевом дробленых горных пород. В фильтрах приняты три поддерживающих слоя представлены в виде:

- 1 слой – гравий крупностью ≥ 20 мм., высотой 0,2 м.;
- 2 слой – щебень крупностью 10 – 20 мм., высотой 0,1 – 0,15 м.;
- 3 слой – щебень крупностью 5 – 10 мм., высотой 0,1 – 0,15 м.

Промывка скорых фильтров осуществляется из промывных баков. На одну промывку уходит около 300 – 400 м³. Интенсивность промывки $W = 16$ л/(сек*м²). Промывка длится 10 – 20 минут.

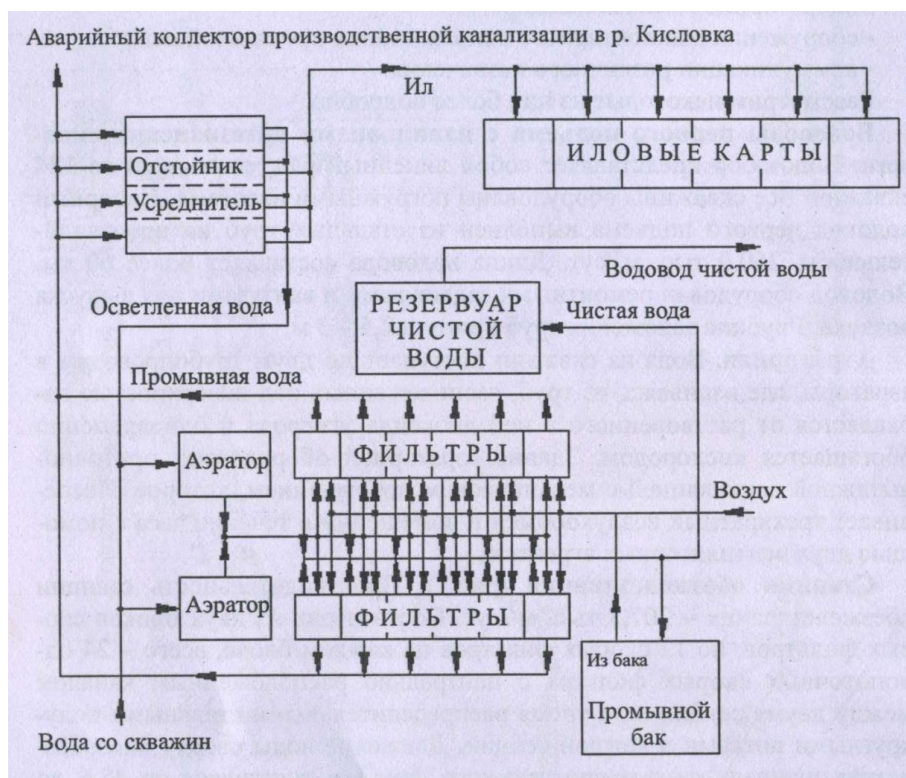


Рисунок 3.2 – Движение воды на станции обезжелезивания Томского подземного водозабора

Резервуары чистой воды

Данные емкости служат для хранения чистой воды в случае аварии водовода. Запаса хватает на 5 часов.

Хлораторная с расходным складом хлора

Метод хлорирования газообразным хлором используется для обеззараживания питьевой воды. Производительность хлораторной на подземном водозаборе составляет 10 кг/ч, совмещенная с расходным складом хлора.

Насосная станция второго подъема

Станция предназначена для подачи воды в сеть города по водоводам №9 и №10 диаметрами 1020 мм и 1200мм.

Сооружения для повторного использования промывной воды включают камеру переключения; отстойник - усреднитель, состоящий из четырех секций и рассчитанный на прием воды от двух промывок; насосной станции, предназначенной для перекачки ила и отстоянной воды; площадок

для просушивания осадка (иловых полей), состоящих из шести иловых карт [36].

Объем отстойника - усреднителя рассчитан на время отстаивания, равное 3 часа, и запроектирован из 4 секций, объемом 450 м³ каждая [36].

Для перекачки ила на иловые поля используют иловые насосы, которые перекачивают уплотненный осадок один раз в сутки. Для перекачки осветленной воды так же используют насосы, освобождающие одну секцию отстойника за два часа.

Водоводы второго подъема с дюкером через р. Томь

От насосной станции второго подъема до города проложены два водовода второго подъема с устройством дюкера через реку Томь.

В результате очистки воды понижены следующие ее анализируемые параметры: мутность; цветность; жесткость; перманганатная окисляемость; сухой остаток; концентрации железа, марганца, кальция, гидрокарбонатов, хлоридов, нитритов, азота аммонийного, кремния. При этом увеличилась температура, рН, содержания хлора и нитратов [36].

3.2 Проблемы возникающие в ходе работы водозабора и возможные пути их решения

Для отделения осадка конечного продукта выветривания железистых минералов (гетита) от воды существует система повторного использования воды. Данная система станции обезжелезивания томского водозабора используется для приема воды после промывки скорых фильтров с большим количеством взвешенных частиц. Промывная вода отстаивается в течении времени, в результате чего взвешенные частицы выпадают в осадок и снижается мутность до концентрации 10 мг/л. Далее происходит повторная очистка воды на скорых фильтрах.

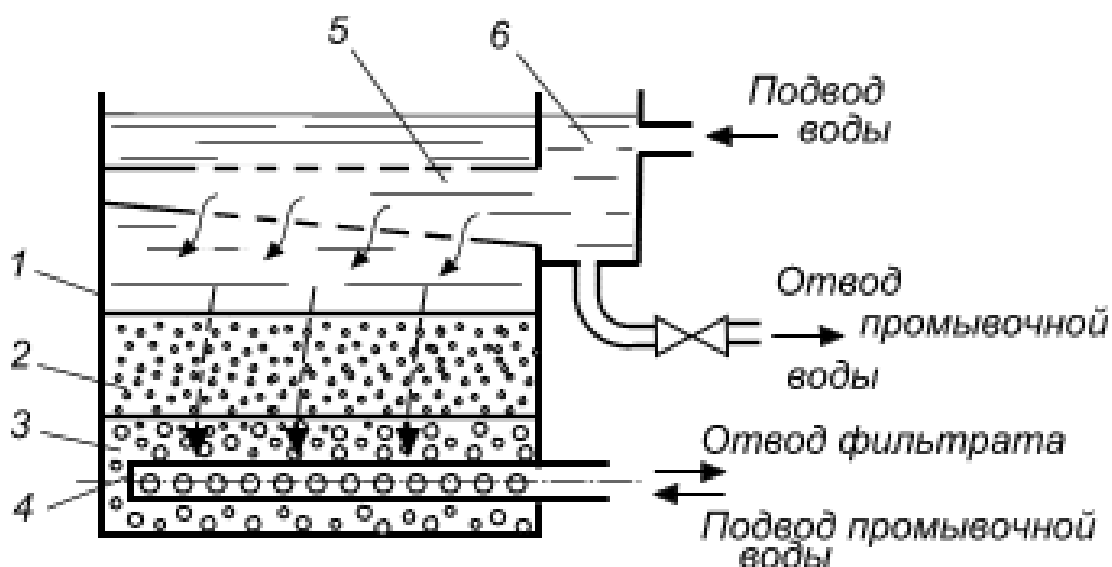


Рисунок 3.3 - Схема работы скорого фильтра: 1 – резервуар; 2 – слой фильтрующего материала; 3 – слой поддерживающего материала; 4 – дренажное устройство; 5 – водоподводящий желоб; 6 – карман

Осадок водоочистки из отстойников должен подаваться при помощи иловых насосов на иловые поля для высушивания и последующего захоронения. В процессе эксплуатации системы повторного использования воды стало ясно, что работа данной системы совсем не эффективна и для улучшения работы данной системы было предложено увеличить число секций резервуара - усреднителя и их объем.

Одной из целей настоящего исследования был поиск другого более эффективного и экономически целесообразного решения проблемы [37]. Для поиска решения данной проблемы было необходимо разобраться в теории происходящих при осаждении примесей процессов.

Очень перспективной для химии и технологии обработки воды является систематизация всех ее примесей, предложенная Кульским Л.А. [38] и описанная в [39]. Данная систематизация основана на использовании физико-химической характеристики, а именно, фазового состояния и дисперсности. По данной классификации примеси воды по отношению к дисперсионной среде разделены на 4 группы. В первых двух группах примеси образуют термодинамически неустойчивые гетерогенные системы, а

в 3 и 4 группах – термодинамически равновесные и обратимые гомогенные системы.

Таблица 3.1 – Классификация примесей природных вод Л.А.

Кульского

Фазовая характеристика	Гетерогенные системы		Гомогенные системы	
	I	II	III	IV
Физико-химическая характеристика	Грубодисперсные примеси: суспензии, эмульсии, планктон, патогенные микроорганизмы	Примеси коллоидной степени дисперсности: органические и неорганические вещества, вирусы, бактерии	Примеси молекулярной степени дисперсности: газы, органические вещества, соли, кислоты, щелочи, не перешедшие в ионное состояние	Примеси ионной степени дисперсности: соли, кислоты, основания
Поперечный размер частиц, мкм	$> 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^{-2}$	$10^{-2} - 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
Методы удаления примесей из воды	Фильтрация (механическое удаление)	Ультрафильтрация	Обратный осмос, нанофильтрация	
		Коагуляция	Десорбция газов и летучих веществ, эвапорация труднолетучих веществ	Перевод ионов в малорастворимые соединения
	Окисление хлором, озоном, перманганатом			
		Адсорбция на гидроксидах и дисперсных материалах	Адсорбция на активных углях и других материалах	Фиксация на твердой фазе ионов
	Агрегация при помощи флокулянтов (анионных и катионных)		Ассоциация молекул	Моляризация и комплексообразование
	Флотация	Электрофоретические методы	Экстракция органическими растворителями	Сепарация ионов при различном фазовом состоянии воды
	Электролиз синезелёных водорослей			
Бактерицидное воздействие	Вирулицидное воздействие	Биохимический распад	Использование подвижности ионов в электрическом поле	
Силы, удерживающие примеси в воде	Гидродинамические	Электростатические	Вандерваальсовы	Ионные силы растворов

Систематизация примесей на основе их физико-химической характеристики используется для классификации технологических процессов обработки воды. С учетом физико-химических свойств примесей, а так же кинетики и динамики их фазовых превращений можно осуществлять выбор наиболее оптимальных и экономичных процессов обработки воды.

Согласно классификации представленной выше, вода, получаемая после промывки скорых фильтров Томской станции обезжелезивания, относится к первой группе, так как в ней содержатся частицы $> 10-1$ мкм.

Для отделения от воды частиц такого размера существуют следующие методы:

- Безреагентные;
 - Отстаивание;
 - Фильтрование;
 - Центрифугирование;
 - Осветление;
 - Электрокоагуляция;
- Реагентные;
 - Коагулирование;
 - Флокулирование;
 - Флотация;
 - Фильтрование через модифицированную загрузку.

Так же существуют различные комбинированные методы, включающие в себя несколько методов, а так же физические методы, повышающие эффективность разделения.

Некоторые методы заведомо нельзя применить для отделения осадка на исследуемом водозаборе, а методы подходящие и возможные для применения в поставленной задаче представлены ниже.

Электрокоагуляция целесообразна для обезжелезивания небольших количеств воды, содержащей более 10 мг/л железа при рН ниже 6,5 [40,41].

Для обезжелезивания воды большего количества, в которой содержание железа ниже 10 мг/л данный метод нерентабелен.

Центрифугирование не применяется широко в практике осветления воды для хозяйственно-бытовых целей из-за высоких эксплуатационных расходов и сложности оборудования [42].

Гидроциклоны используют для предварительного осветления воды только в тех случаях, когда размер частиц находится в пределах 15 – 100 мкм [39].

Фильтрация промывной воды является неэффективным методом на скорых фильтрах из-за быстрого “зарастания” фильтрующей загрузки, а из-за низкой скорости фильтрации медленные фильтры в данной случае малоэффективны.

Коагулирование и флокулирование несомненно могут повысить эффективность отстаивания и осветления.

При коагуляции происходит процесс укрупнения частиц в дисперсной системе. Она завершается, как правило, образованием агрегатов частиц, видимых невооруженным глазом и выпадающих в осадок. В технологии водоподготовки под термином *коагулирование* подразумевается совокупность всех процессов, протекающих при удалении из воды примесей с использованием солей – коагулянтов[36].

Под термином *флокулянты* обычно подразумевают вещества, способствующие интенсификации процесса хлопьеобразования гидроксидов алюминия и железа, образующих при водоподготовке. Они ускоряют слипание агрегативно-неустойчивых частиц и повышает прочность хлопьев. Использование флокулянтов на станциях обработки воды позволяет ускорить в камерах хлопьеобразования и отстойниках формирование хлопьев и их осаждение, улучшить эффект осветления воды и увеличить скорость ее движения в сооружениях. В ряде случаев применение флокулянтов позволяет увеличить производительность станции примерно в 1,5 раза, а при

правильном сочетании с простейшими мероприятиями по реконструкции сооружений – и более[36].

Применение коагулянтов и флокулянтов вместе становится еще эффективнее. Очистке воды коагулянтами и флокулянтами посвящена монография[43]. Использование коагулянтов и флокулянтов на станциях хозяйственно-бытового назначения разрешено СНиП 2.04.02.84.

Отстаивание и осветление так же дают положительный результат, а введение реагентов повысит эффективность данных методов.

Принцип, на котором основана работа осветлителей – это существование контактной среды.

Контактная среда в осветлителе состоит из твердых частиц – продуктов процесса обработки воды. Эти частицы поддерживаются во взвешенном состоянии гидродинамическим давлением восходящего потока воды и вместе с разделяющей их водой образуют гетерофазную систему. Твердые частицы имеют суммарную объемную концентрацию от 0,04 до 0,25, то есть занимают долю объема гетерофазной системы. Они располагаются от низа осветлителя до $2/3$ – $4/5$ его высоты, образуя динамически равновесный слой, над которым движется очищенная вода[36].

Твердые частицы поступают в шлакоборник под действием силы тяжести и удаляются из нижней части осветлителя непрерывно. Осветленная вода в свою очередь удаляется из верхней части.

Исходя из данных представленных выше возникает вопрос: целесообразно ли применять осветлители на станции обезжелезивания Томского водозабора. Для этого нужно определить положительные и отрицательные стороны данного метода очистки.

В сравнении с другими методами очистки (фильтрование, отстаивание) осветлители имеют следующие преимущества:

- Высокую эффективность очистки;
- Высокую производительность;
- Непрерывность удаления осадка и очистки воды;

- Более выгодное использование площадей;
- Низкие затраты на эксплуатацию.

Но не стоит забывать о недостатках присущих данному методу:

- Сложность процесса и аппаратного оформления, вследствие чего достаточно большие затраты на строительство;
- Необходимость строгого соблюдения технологии очистки и, как следствие, неустойчивость осветления при малейшем отступлении от технологии;
- Необходимость в применении коагулянтов, флокулянтов из-за которых возможно ухудшение химического состава воды.

Из-за наличия данных недостатков осветлители в схемах обслуживания подземных вод используют редко.

Для улучшения станции обезжелезивания Томского водозабора или при ее реконструкции было бы целесообразно использовать осветлитель, так как два осветлителя ЦНИИ – 4 заменили бы все 24 скорых фильтра по своим техническим характеристикам и всю систему повторного использования воды.

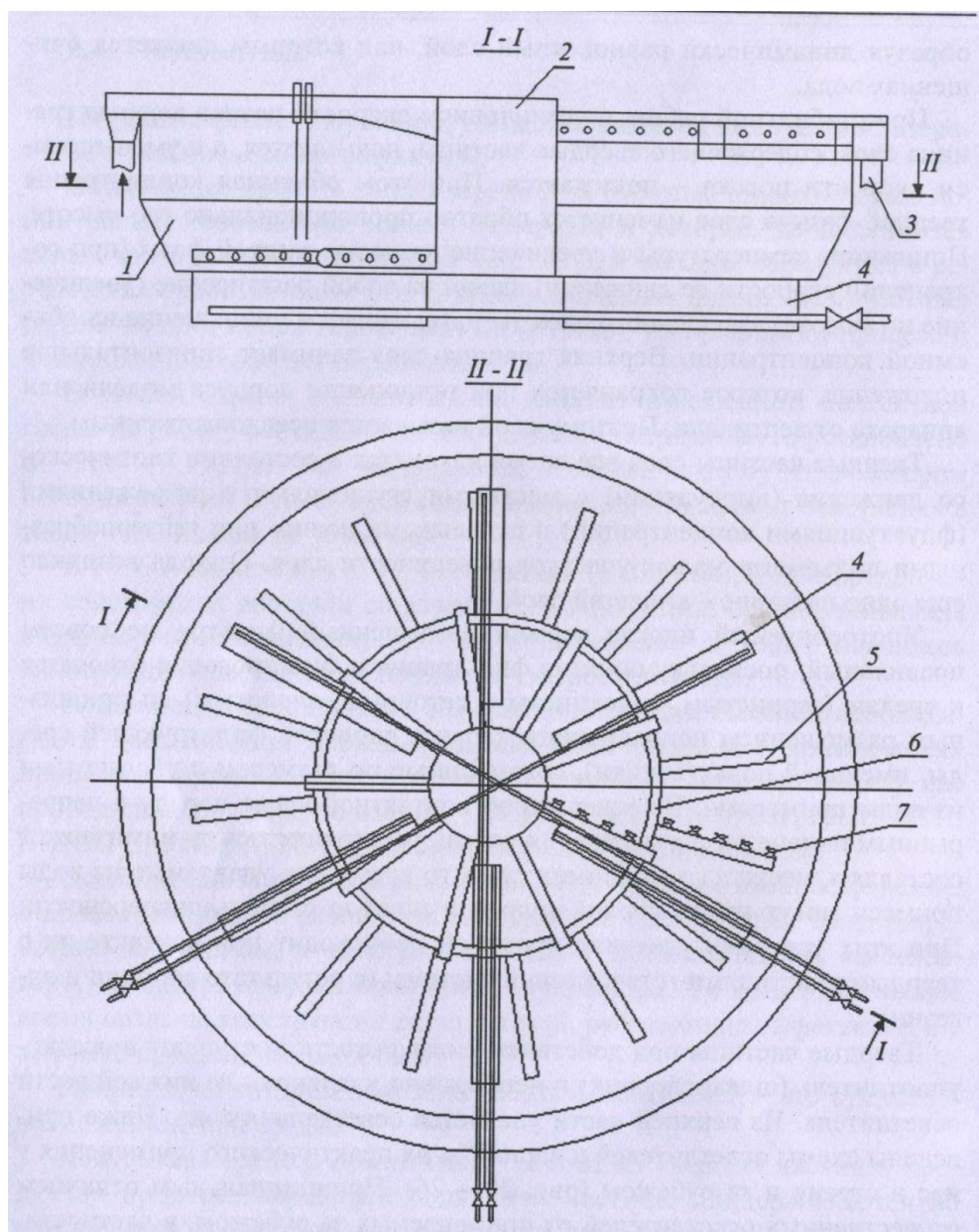


Рисунок 3.5 – Осветлитель ЦНИИ-4[44]: 1 – цилиндрический корпус; 2 – воздухоотделитель; 3 – отвод осветленной воды; 4 – осадкоуплотнительные траншеи с перфорированными трубками для удаления осадка; 5 – распределительные трубы; 6 – кольцевая труба; 7 – сопла

Отстойники являются альтернативными приемлемыми сооружениями в которых можно отделать осадок от воды. В отстойниках взвешенные частицы под действием силы тяжести отделяются от воды, т.к. вода и взвеси имеют разную плотность.

Отстойники бывают 3 типов:

- Горизонтальные;
- Вертикальные;
- Радиальные.

Так как на Томской станции обезжелезивание имеются отстойники горизонтального типа, наиболее удачным было бы техническое решение по повышению эффективности работы данных отстойников. Данное решение является наиболее целесообразным и минимальным по затратам на реконструкцию системы повторного использования воды, так как значительного изменения существующей схемы очистки не произойдет.

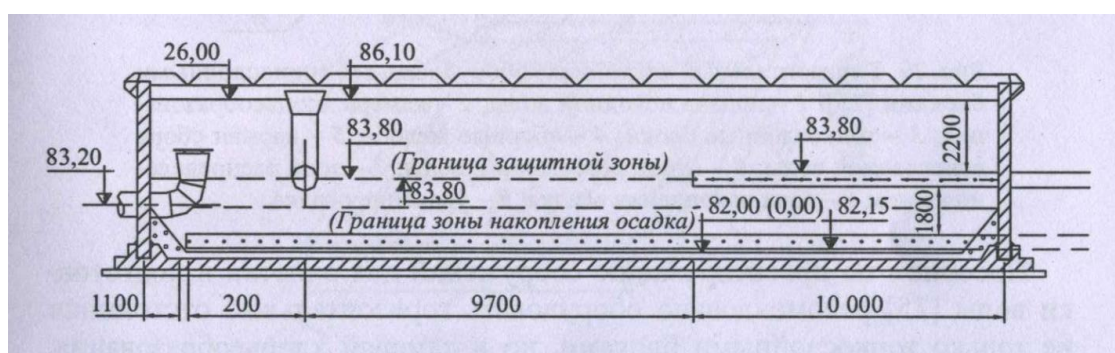


Рисунок 3.6 – Горизонтальный отстойник, используемый на Томской станции обезжелезивания

На основании полученной информации, полученной из анализа литературы и проведенных опытов [36], выяснилось, что:

- Из-за очень малых размеров осаждаемых частиц скорость осаждения взвеси очень мала, что является причиной плохого отделения осадка от воды после промывки скорых фильтров в системе повторного использования на станции обезжелезивания;
- Возможность положительного результата за счет осветления и отстаивания;
- Использование осветлителей не целесообразно, так как реконструкция с использованием осветлителей изменит всю существующую схему водоподготовки;
- Возможность существенного повышения производительности горизонтальных отстойников за счет оборудования, а именно камерой

хлопьеобразования и тонкослойными элементами, без серьезных изменений в схеме водоподготовки;

- Эффективности по улучшению работы систем повторного использования можно добиться при помощи применения коагулянтов и флокулянтов для увеличения скорости осаждения на отстойниках, оборудованных тонкослойными элементами.

3.3 Улавливание и утилизация осадков

3.3.1 Станция обезжелезивания

На станции обезжелезивания Томского водозабора выпадает большое количество осадка в процессе аэрации, сбрасываемого в р. Кисловка. Фактический забор воды в 2002 г. составил 73312,4 тыс. м³. Концентрация железа в исходной воде была в среднем 2,64 мг/л, в очищенной – 0,15 мг/л. Итого за год по железу 183,3 т. Содержание железа в сухом остатке составляет 30,3 %. С учетом этих показаний получается около 600 тонн сухого остатка. Данный сброс представляет собой серьезную экологическую проблему из-за отсутствия приемлемых методик утилизации.

Для отходов станции обезжелезивания была предложена схема возможных путей утилизации представленной на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 – Возможные пути утилизации отходов

Рассмотрим данные пути более подробно.

Захоронение

Существующая технологическая схема утилизации гетита предусматривает только захоронение. Однако этот путь не работает из-за того, что при проектировании не были учтены реальные характеристики образующегося осадка [36].

Брикетирование и использование в металлургии

Данный путь широко распространен на Западе, особенно в странах Скандинавии. Несомненно этот путь решает экологическую проблему, но является не рентабельным, так как требует больших затрат энергии на получение металлов по сравнению получения из руды.

Переработка в химические реактивы

Ранее розничная цена на химические реактивы была не значительной, поэтому данный путь так же являлся не выгодным. В настоящее время цена на реактивы выросла, что меняет этот вопрос.

В 1996 г. кафедрой общей и неорганической химии Томского политехнического университета была проведена научно-исследовательская

работа в рамках хоздоговора с экологическим комитетом мэрии г. Томска по созданию способов переработки отходов станции обезжелезивания на химические реактивы [45,46]. Была предложена схема, предусматривающая получения из гетита двух основных продуктов: хлорида железа $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ и смешанного сульфата щелочноземельных и тяжелых металлов. Сульфат предполагается использовать для получения стекла [46]. Использование хлорида железа в свою очередь более разнообразно в: радиотехнической промышленности, в коммунальном хозяйстве, а так же для повышения скорости и эффективности окисления двухвалентного железа. С точки зрения эффективности данный путь переработки осадка станции обезжелезивания является экономически-эффективным. Разработанная технологическая схема и технико-экономическое обоснование являются собственностью экологического комитета мэрии г. Томска [36].

Получение пигментов

Наиболее интересным с точки зрения высоких технологий является получение магнитных пигментов для записи информации. Нами был разработан новый способ получения γ -оксида железа для магнитной записи [47]. Полученные образцы пигментов ПМТ, ПМТ – 1, ПМТ – 2 и ПМТ – 3 (ПМТ – порошок магнитный томский). Испытания пигмента ПМТ, проведенные в 1993 г. на ПО “Тасма” г. Казань, по сравнению с уже существующим казанским аналогом оказались успешными. Более тщательные испытания на ПО “Славич” г. Переславль-Залесский в 1995 г. дали отрицательный результат и показали, что порошки ПМТ нуждаются в доработке. В 1995 г. была разработана технологическая схема и технико-экономическое обоснование производства ПМТ в г. Томске при финансовой поддержке ТОО “Фирма Чароит” [48]. Эта схема может быть так же применена для производства пигментов для нитроокрасок. Проведенные в 1992 г. предварительные испытания пигмента для нитроокрасок на НПО “Прогресс” г. Кемерово дали положительный результат, а расчеты – высокую экономическую эффективность [36].

Получение пигментов для лаков и красок так же является перспективным путем не только для нитрокрасок, но и для красок на масляной основе. Совместно с ТОО “Олефин” в 1992 г. нами был получен пигмент, хорошо совместимый с масляной основой, и краска на основе этого пигмента. Дальнейшие работы (испытания, составление технологической схемы, технико-экономическое обоснование) не проводились из-за отсутствия финансирования. Однако позже эти работы были продолжены [49].

Получение стройматериалов

Получение стройматериалов является самым перспективным путем. Он предусматривает производство из осадков станции обезжелезивания таких строительных материалов как окрашенный отделочный раствор и окрашенный бетон. Этот путь интенсивно разрабатывался в 1998 г. кафедрой общей и неорганической химии Томского политехнического университета в рамках хоздоговора с МП “Томскводоканал” [50].

Кроме того, возможны и другие высокотехнологические области применения осадка. Отдельные частицы осадка имеют размер 0,02 – 0,03 мкм, что соответствует высокодисперсному, или наносостоянию, веществ [51]. Обычные области использования наночастиц – это биологические технологии, антифрикционные материалы и т.д. [52].

Приведенные в данной главе примеры применения отходов водоочистки являются целесообразными и экономически выгодными, но не являются исчерпывающими. Несмотря на это дальнейшее применение работ по переработке ОВО имеет смысл только после реконструкции очистных сооружений, для получения большего количества осадков водоподготовки. Более надежным будет применение нескольких путей переработки, так как это гарантирует возможность выпуска продукции более широкого ассортимента, что позволит обеспечить спрос на рынке. На сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что отходы водоочистки являются ценным сырьем для различного вида промышленности. Переработка отходов

в сырье не только решит экологическую проблему, а так же может быть экономически оправдана и эффективна.

3.3.2 Насосно-фильтровальная станция

Насосно-фильтровальная станция г. Томска осуществляет забор, очистку, обеззараживание и подачу воды хозяйственно-бытового назначения из реки Томь потребителям г. Томска. Данная станция начала свою работу в 1905 г. с производительностью 18 – 30 тыс. м³/сут. В настоящее время производительность станции составляет: техническая вода – 100 тыс. м³/сут., питьевая вода – от 90 до 130 тыс. м³/сут. Питьевая вода на данный момент не используется в полном объеме, так как снабжение питьевой водой г. Томска осуществляется Томским месторождением подземных вод. Реальная производительность технической воды составляет около 8000 тыс. м³/сут.

На станции НФС существует 2 схемы очистки воды. Одноступенчатая схема очистки речной воды на контактных осветителях (в настоящее время эти мощности законсервированы) и двухступенчатая схема очистки на двух блоках отстойников и скорых фильтров (сейчас используется только один блок) с применением химических реагентов: коагулянтов – сернокислого алюминия и флокулянтов – полиакриламида (ПАА) [36].

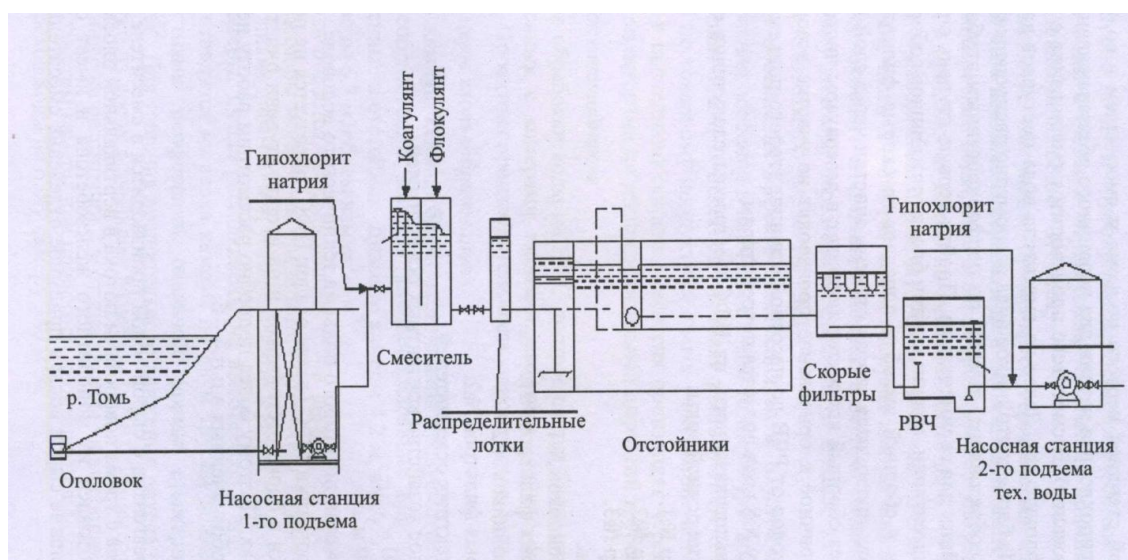


Рисунок 3.8 – Схема сооружений насосно-фильтровальной станции

Через оголовок вода поступает в приемное отделение водозаборного сооружения по самотечным линиям из р.Томь, далее проходит через

отделение сеток для очищения от крупных включений и подается в смеситель по двум напорным водоотводам. Между насосной станцией первого подъема и смесителем для первичного обеззараживания в воду добавляется раствор гипохлорита натрия. В свою очередь в смесителе вода смешивается коагулянтом и флокулянтом. Далее из смесителя вода поступает на блок отстойников. На блоке отстойников происходит равномерное распределение воды по камерам хлопьеобразования, а затем для седиментации подается в отстойник по перфорированным трубам. На этом завершается первый этап очистки и вода подается на скорые фильтры через водослив и сборный желоб. На скорых фильтрах очистка происходит через слой песка и через сборный коллектор попадает в резервуары чистой воды. Вторичное хлорирование производится на участке всасывающих трубопроводов от резервуаров чистой воды до насосной станции второго подъема. После прохода всех вышеперечисленных стадий вода подается потребителям по водоводу.

Осадок образующийся в результате очистки на первой ступени образуется в блоке отстойников, а на второй ступени на скорых фильтрах.

В 2002 - 2003 г. специалистами Томского политехнического университета в рамках хоздоговора с МП “Томскводоканал” при участии специалистов Томского государственного университета, Томской специализированной инспекции государственного экологического контроля и анализа, НПО “Вирион” был исследован образец осадка НФС. Осадок был взят со дна горизонтального отстойника, из которого предварительно слили воду. В отстойниках образуется наибольшее количество осадка, поэтому именно он представляет экологическую проблему [36].

Для изучения данного осадка было использовано большое количество физико-химических методов, а именно: оптические характеристики, электронная микроскопия, изучение анионного состава, измерение удельной поверхности, рентгенофазовый анализ, качественный и количественный анализ, рН – метрия водной вытяжки.

Помимо физико-химических методов проводились исследования на количество осадка НФС, скорость осаждения и средний размер частиц осадка НФС.

Среднесуточный объем очищаемой воды составляет около 8000 м³, исходя из этого, масса сухого осадка составляет в среднем 48 кг. Из-за добавления в процессе очистки флокулянта и коагулянта данная цифра может возрасти.

В настоящее время на данной станции функционируют только два скорых фильтра, которые работают 16 часов в сутки. Получается, что каждый фильтр пропускает через себя около 4 тыс. м³ в сутки, после чего следует промывка. Вода входящая на скорые фильтры имеет мутность ≤ 4 мг/л, а выходящая - ≤ 1 мг/л. Отсюда следует, на каждом скором фильтре образуется 12 кг осадка в день, учитывая смыв осадка промывной водой. Общее количество осадка составляет 24 кг в сутки, в год – 8760 кг. В свою очередь в отстойниках средняя глубина заиления за 6 месяцев составила 0,27 м., площадь отстойников – 1296 м², плотность осадка – 1,27 г/см³, 19,1 % - его влажность. Исходя из представленных данных масса осадка составляет 711, 2 тонны в год. Следовательно основная масса осадка НФС образуется в отстойниках.

Благодаря исследования представленным в [36] скорость осаждения частиц на насосно-фильтровальной станции составляет 0,0088 мм/с, а размер частиц рассчитанный по формуле Стокса – 3,74 мкм при плотности 2,651 г/см³.

Схема применяемая на водозаборе сброса промывной воды с осадком данной станции в источник представляет экологическую проблему. Для решения данной проблемы, было принято решения о сбросе осадка в канализацию, но данное решение оказалось не приемлемым. Сброс осадка в канализацию отрицательно повлияет на состояние канализации, учитывая, что в год может образоваться около нескольких сотен тонн осадка.

Основу данного осадка представляют такие минеральные образования как кварц, полевой шпат и каолин с примесями флокулянта и коагулянта. Осадок практически не окрашен и является по сути мелким песком, что делает его идеальным сырьем для производства строительных смесей. При использовании минеральных отходов для изготовления смесей можно воспользоваться опытом НИИСтройпроект Казахстана[53].

4 Анализ эколого - экономической эффективности водопользования

4.1 Эколого – экономические аспекты водопотребления

В системе управления водохозяйственной деятельностью различных регионов проблемы экономики, которые обеспечивают благосостояние людей, и экологии, обеспечивающей охрану окружающей среды, не могут существовать отдельно. В настоящее время при принятии решений по организации водопользования и регламентации загрязнений природных вод экономические соображения берут верх над экологическими. Взаимосвязь производственно-хозяйственной сферы и водных ресурсов, являющихся элементами природной среды, отражается в эколого-экономическом аспекте природопользования.

Неупорядоченная эксплуатация подземных вод может привести к многим негативным последствиям. Рассмотрим возможные последствия, характерные не только для бассейна р. Томи. Это изменения гидрохимического и гидродинамического состояния гидросферы в связи с снижением уровня грунтовых вод, процессами образования крупных депрессионных воронок, развитием процессов истощения и загрязнения; влияние на поверхностные воды и природные ландшафты в результате изменения подземного стока, активизация карстово-суффозионных процессов, оседание земной поверхности, кольматация русловых отложений.

Усиление водохозяйственной напряженности связано со следующими нарушениями:

- отбор воды с производительностью водозабора, не подаваемой утвержденным эксплуатационным запасам;
- несоблюдение регламентируемой хозяйственной деятельности в зонах санитарной охраны водозабора;
- неравномерная нагрузка на всяческих участках водозабора;
- загрязнение поверхностных вод промывными водами с высоким содержанием железа сбрасываемыми на рельеф;
- недопустимо большие потери воды (как при транспортировке воды к потребителю, где утечки составляют до 30%, так и в промышленности из-за несовершенства технологических процессов).

Кроме всего этого, необходимо исключить влияние отбора подземных вод на заповедные территории, а общее изменение ландшафтных условий не должно превышать установленных пределов.

Вода является жизненно важным товаром, который до недавнего времени не имел черт полноценного товара. Включение экологических и природно-ресурсных ценностей в нормальный рыночный оборот все больше выявляет особенности воды как товара: затраты труда и капитала на выработку и передачу потребителю чистой воды, полезность, спрос и т.п.

Существуют два подхода к оценке воды: финансовый и экономический [54, 55, 56]. Первый подход позволяет просто оценить воду по сложившемуся уровню рыночных цен. При экономической оценке учитывается комплексное воздействие товарного обращения воды на всю экономическую жизнь общества, включая потребности, не находящие денежного выражения. Именно она значима при определении ущерба от загрязнения и истощения водных ресурсов, при оценке технических решений, связанных с воздействием на гидросферу.

Будучи жизненно необходимым товаром [57], вода как товар имеет специфические характеристики, такие, как резко различающиеся издержки и общая неэластичность спроса. Такие черты, как полезность товара, выявляет удовлетворение конкретных потребностей, вкусов потребителя.

Потребительская ценность воды как товара, необходимого для поддержания биологического существования, в денежном выражении можно упрощенно оценивать как 1/5 стоимости жизни. Это очень высокая цена, превышающая на 2-3 порядка реальную цену на воду в России. Использование воды в качестве питьевых целей не может заменено другим или быть сокращено. При ограниченных финансовых возможностях человек не прекращает использовать воду, а перераспределяет виды водопользования, сокращая объем воды, используемой, к примеру, для хозяйственных и производственных нужд.

Государство, взяв на себя большую часть расходов, связанных с добычей, очисткой и транспортировкой воды стремится сделать воду доступной всем гражданам в равной степени, Как и для любого товара, рыночную цену воды можно определить по формуле, учитывающей издержки и надбавки [57].

Фактические издержки (Иф) включают издержки на добычу воды (Д), транспортировку, затраты на водоподготовку (О), подачу к месту использования (Т), включающие обеззараживание и очистку:

$$И_{\phi} = Д + Т + О, \quad (4.1)$$

Кроме фактических издержек есть и дополнительные, скрытые издержки (Ис) от использования воды. Сюда входят: компенсация истощения и загрязнения водоисточников (К), потери эстетических и рекреационных свойств водоемов и водотоков (Э), издержки от потери воды как биосферной ценности (Б). К ним относятся также потери воды, вызванные побочными эффектами водопользования (В), например, очистка сточных вод, иссушение почв при образовании депрессионных воронок водозаборов:

$$И_{с} = К + Б + Э + В, \quad (4.2)$$

При расчете платы за водопользование так же стоит учитывать надбавки (Н). В состав надбавок включают прибыль от торговли водой (Г), платежи за водопользование (П), улучшение ее потребительских свойств (У) и фактор спроса (С), включающий надбавку за дефицитность воды [58]:

$$H = \Pi + \Gamma + C + Y, \quad (4.3)$$

Положительного рыночного опыта к настоящему времени в России нет. Существующие платежи за использование воды (Π) служат для регулирования водных отношений между пользователями воды, поставщиками воды и государством, являющимся собственником и распорядителем водных ресурсов. Они включают плату за использование водных объектов, плату за право пользования водными объектами, штрафные платежи за нарушение установленных лимитов, нормативов и условий пользования водными объектами. Эти платежи воздействуют на ценообразование, их главная цель – экономическое регулирование водопользования.

Интеграция экологической и экономической политики в питьевом водоснабжении перспективна. Используя ее, можно подойти к принципиально новой концепции как ценообразования на воду – полноценного жизненно необходимого товара, так и стратегии экологической оптимизации окружающей среды.

В условиях становления рыночной экономики первоочередными задачами являются разграничение прав собственности, свободного рыночного обмена и ценообразования на воду как на товар.

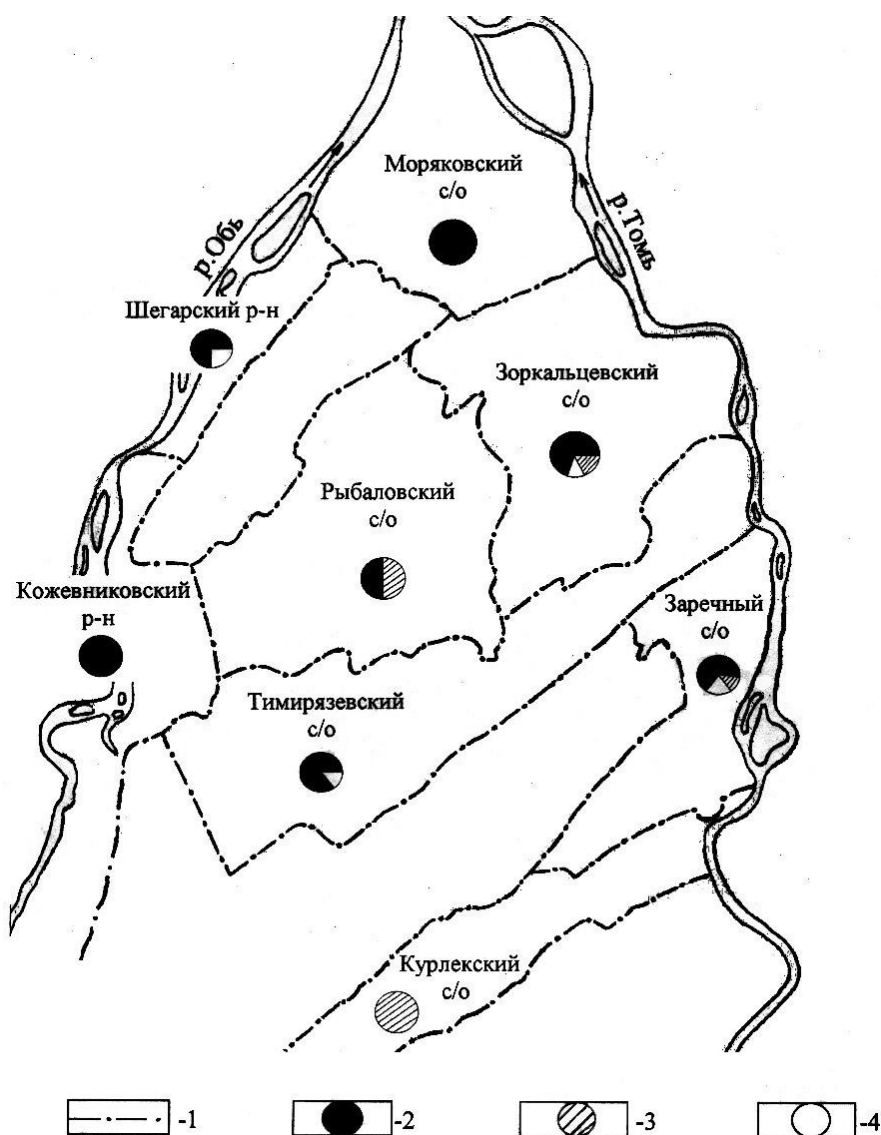


Рисунок 4.1 - Использование населением сельских округов Обь-Томского междуречья границы показаны линиями: 1 - подземных вод, 2 – палеогенового, 3 – неогенового, 4 - четвертичного водоносных горизонтов

Несмотря на то, что частная собственность на воду и платность ее для потребителей существовали и в древние времена, в настоящее время рынок воды, как и отношения собственности, еще практически не сформировались.

Окружающая среда рассматривается как одна из форм природного капитала, определяющего устойчивость развития любой территории и задающего экологическую направленность проведения рыночных реформ в России. Подход к оценке ресурсов в современных условиях основывается на полезности и угрозе истощения природного ресурса.

Немаловажное значение имеет необходимость смягчения конфликтной социальной ситуации, возникшей на территории Обь-Томского междуречья в сфере природопользования во взаимоотношениях «город – пригородная территория» и приобретающей все большую остроту в последние годы.

Международный опыт в области денежной оценки природных ресурсов представляет интерес для России. Авторы методического пособия [59] адаптировали к условиям нашей страны современные методы оценки ресурсов и объектов окружающей среды, рекомендованные ООН.

Методология денежных оценок ресурсов и объектов окружающей среды объединяет несколько основных (групп) методов. В соответствии с классификацией, рекомендованной ООН в рамках системы эколого-экономического учета, применяется три основных подхода к денежной оценке ресурсов и объектов окружающей среды:

- рыночная оценка;
- нерыночная прямая оценка;
- нерыночная косвенная оценка.

Рыночные методы денежной оценки объектов окружающей среды и ресурсов основаны на использовании данных имеющихся рынков (тарифы и платежи, цены продаж, аукционные цены и т.д.). Стоимость ресурса в общем виде оценивается по величине дохода от его эксплуатации, например, в течение года.

В рыночной прямой оценке выделяют три основных направления. Первое – фактические рыночные цены ресурсов и объектов окружающей среды. Данный тип рыночной оценки вправе применять в том случае, когда рыночные операции, связанные с данным ресурсом, достаточно представительны. Второе направление – текущая (дисконтированная) стоимость предполагаемых чистых поступлений. Чистые поступления определяются как чистый резервный капитал, который мог бы быть связан с использованием ресурсов и объектов окружающей среды (за вычетом

обычной операционной прибыли, которую можно было бы заработать, если бы средства, вложенные в использование соответствующих ресурсов, использовались для альтернативной деятельности с аналогичной степенью риска). Третье направление – чистые цены, помноженные на соответствующее количество запасов природных активов. В этом случае чистая цена (чистые поступления) является фактической рыночной ценой ресурса минус фактические эксплуатационные издержки, включая обычную норму прибыли на вложенный произведенный капитал. Затем чистая цена умножается на общее количество ресурсов, подверженных истощению запасов [10].

Прямые нерыночные методы оценки ресурсов и объектов окружающей среды позволяют определить их ценность тогда, когда не существует рынков данных ресурсов, либо существующие рынки плохо развиты. В общем виде суть этих методов сводится к определению стоимости ресурса (объекта) окружающей среды путем выявления его ценности для конкретных потребителей на основе данных об их предполагаемом, фактическом или высказанном ими самими отношении к оцениваемому ресурсу.

Наиболее известными в нерыночной прямой оценке являются методы, основанные на готовности платить и готовности получать компенсацию. Данные методы оценки зачастую являются единственной возможностью получить хотя бы приблизительное представление о стоимости многих объектов и функций окружающей среды. Данные оценки особенно важны при разработке механизмов охраны окружающей среды на локальном уровне, когда готовность платить является важнейшим показателем определения размеров местных сборов и их дифференциации.

Нерыночная косвенная оценка основана на использовании данных о предполагаемых или фактических издержках.

Анализ вышеперечисленных методов показывает, что данные методы не исключают друг друга, а дополняют и наиболее целесообразно

использовать комплекс методов для получения более адекватной информации как основы принятия управленческих решений по развитию сферы водопотребления с учетом природоохранной составляющей.

4.2 Экономические особенности организации водоснабжения

4.2.1 Социально-экономические аспекты водопотребления на Обь – Томского междуречья

На территории Обь-Томского междуречья расположены 45 населенных пунктов: 38 населенных пунктов относятся к шести административным сельским округам Томского района, 5 входят в состав Шегарского и 1 - Кожевниковского района. Кроме этого, п. Нижний Склад административно входит в городскую черту Томска.

Исторически сложилось так, что большая часть (65%) населенных пунктов сосредоточена в долинах рр. Томи и Оби. В них проживает почти 70% населения междуречья.

По данным ТЦ «Томскгеомониторинг» за 1999 г., на территории Обь-Томского междуречья проживает более 32 тыс. человек. Средняя плотность населения составляет 2,3 чел/км². Количество жителей по населенным пунктам распределяется крайне неравномерно.

В двух наиболее крупных населенных пунктах (Тимирязевский, Моряковка) проживает почти треть населения Обь-Томского междуречья. Подавляющая масса населения ОТМ рассредоточена по малым населенным пунктам, что создает определенные сложности в решении проблемы организации и обеспечения централизованного водоснабжения из подземных источников, так как воды поверхностных водотоков не соответствуют санитарным нормам [60].

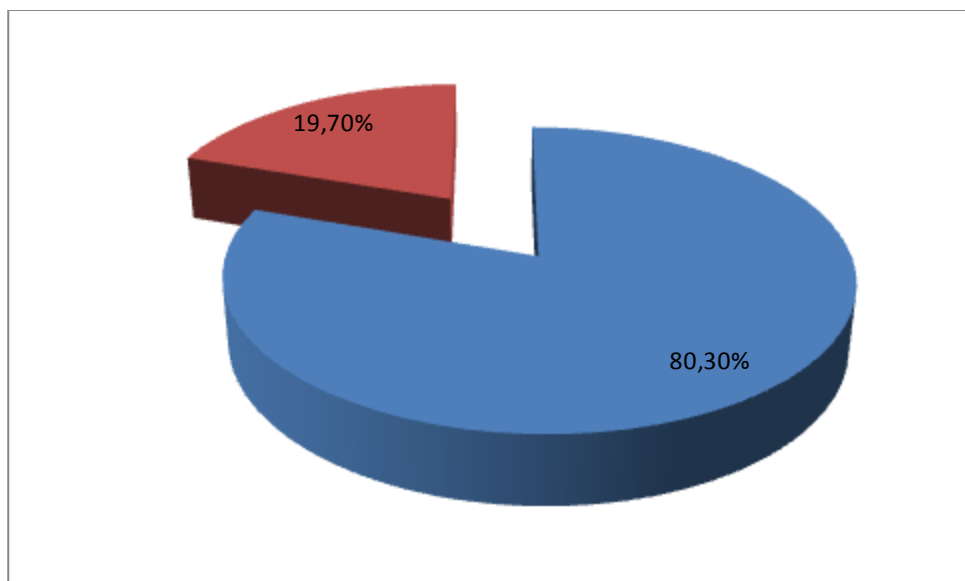
Таблица 4.1 - Распределение населения в зависимости от размера населенного пункта

Классификация населенных пунктов по количеству жителей, чел.	Количество населенных пунктов, шт.	Количество жителей	
		человек	%
> 5000	2	10494	32,3
от 5000 до 2500	-	-	-
от 2500 до 1000	7	9462	29,0
от 1000 до 500	8	5931	18,2
от 500 до 100	11	3175	9,8
менее 100	17	3474	10,7
Всего на Обь-Томском междуречье	45	32536	100

Для водоснабжения междуречья предприятиями ЖКХ объем добываемой воды составляет около 2 млн м³/год. 23% из них потребляется предприятиями и организациями, 77% используется для водоснабжения населения. Годовые объемы водопотребления в сельских округах нормативно рассчитываются для населения в зависимости от системы водоснабжения, индивидуальной поливной площади и количества личного крупнорогатого скота, для бюджетных организаций – от количества человек, а для хозрасчетных организаций объемы регистрируются по факту (водосчетчиками). Объемы водопотребления сельских округов на Обь-Томском междуречье изменяются от 4,38 тыс. м³/г. до 638,8 тыс. м³/г.

Водоснабжение населенных пунктов осуществляется как централизованным путем, так и одиночными скважинами. Анализ статистических данных показывает, что 80,3% населения Обь-Томского междуречья пользуются водой из артезианских скважин, подаваемой специализированными предприятиями, ориентированными на обеспечение населения питьевой водой (МП «Томскводоканал», предприятия ЖКХ). Протяженность водопроводных сетей на Обь-Томском междуречье

составляет 160 км, 68 скважин объединены в централизованные системы водоснабжения, 48 из которых оборудованы водонапорными башнями. 19,7% населения имеют индивидуальные источники водоснабжения и пользуются в основном водами водоносного комплекса неоген-четвертичного - верхнеолигоценового возраста. Каптажными сооружениями являются колодцы и забивные скважины индивидуального пользования на территориях усадеб.



- - локальные источники водоснабжения
- - централизованные источники водоснабжения

Рисунок 4.2 - Оказание услуг в сфере хозяйственно-питьевого водоснабжения на Обь-Томском междуречье

Таблица 4.2 - Экономическая оценка водопотребления в сельских округах Обь-Томского междуречья

Сельский округ: населенные пункты	Объем водопотребления, тыс. м ³ /г			
	население		организации	всего
	водопровод	водоразбор . колонки		
<i>Тимирязевский</i> с/о: Тимирязево, 86 квартал	199	104	197,49	500,5
<i>Зоркальцевский</i> с/о: Зоркальцево, Березкино, Борики, Поросино,	259	82,25	16,7	358

Нелюбино, Кудринский участок, Эушта, Губино, Петрово				
<i>Зареченский с/о:</i> Калтай, Кисловка, Кафганчиково, Барабинка, Кандинка	395	54	171,83	638,8
<i>Курлекский с/о:</i> Курлек, Березовая речка, Госконюшня		30,95	3,641	34,591
<i>Моряковский с/о:</i> Моряковский затон, Половинка	206,4	29,394	10,172	246
<i>Рыбаловский с/о:</i> Рыбалово, Чернышовка, Верхнее- Сеченово, Лаврово, Карбышево	135,7	9,2	57,4	202,3
<i>Шегарский р-н:</i> Победа	2,23	1,93	0,818	4,98
<i>Кожевниковский р-н:</i> Киреевск		4,38		4,38

Продолжение таблицы 4.2

Сельский округ: населенные пункты	Количество населения		Производств. затраты, тыс. руб.	Себестоимость воды, руб./м ³
	водопровод	водоразб. колонки		
<i>Тимирязевский с/о:</i> Тимирязево, 86 квартал	1653	2971	1287,1	2,57
<i>Зоркальцевский с/о:</i> Зоркальцево, Березкино, Борики, Поросино, Нелюбино, Кудринский участок, Эушта, Губино, Петрово	3238	1498	1240	3,46
<i>Зареченский с/о:</i> Калтай, Кисловка, Кафганчиково,	4665	1164	1325,6	2,1

Барабинка, Кандинка				
<i>Курлекский с/о:</i> Курлек, Березовая речка, Госконюшня		1550	165,3	4,8
<i>Моряковский с/о:</i> Моряковский затон, Половинка	3000	1900	519,9	2,11
<i>Рыбаловский с/о:</i> Рыбалово, Чернышовка, Верхнее- Сеченово, Лаврово, Карбышево	1817	413	536	2,65
<i>Шегарский р-н:</i> Победа	43	113	14,72	3
<i>Кожевниковский р-н:</i> Киреевск		300	33,21	7,58

Продолжение таблицы 4.2

Сельский округ: населенные пункты	Тарифы на воду без НДС, м ³ /руб.		
	население	организации	
		бюджетные	прочие
<i>Тимирязевский с/о:</i> Тимирязево, 86 квартал	2,25	2,76	28,97
<i>Зоркальцевский с/о:</i> Зоркальцево, Березкино, Борики, Поросино, Нелюбино, Кудринский участок, Эушта, Губино, Петрово	2,25	2,76	
<i>Зареченский с/о:</i> Калтай, Кисловка, Кафганчиково, Барабинка, Кандинка	2,25	2,76	4,58-6,4
<i>Курлекский с/о:</i> Курлек, Березовая речка, Госконюшня	2,25	2,76	4,8
<i>Моряковский с/о:</i> Моряковский затон, Половинка	2,25	2,76	2,98
<i>Рыбаловский с/о:</i> Рыбалово, Чернышовка, Верхнее- Сеченово, Лаврово, Карбышево	2,25	2,76	2,23-3,7
<i>Шегарский р-н:</i> Победа			
<i>Кожевниковский р-н:</i> Киреевск			

Окончание таблицы 4.2

Сельский округ: населенные пункты	Плата за воду, тыс. руб./год			
	население		организации	всего
	водопровод	водоразб. колонки		
<i>Тимирязевский с/о:</i> Тимирязево, 86 квартал	206,1	51,5	719,1	977
<i>Зоркальцевский с/о:</i> Зоркальцево, Березкино, Борики, Поросино, Нелюбино, Кудринский участок, Эушга, Губино, Петрово	350,2	35,952	50,17	436
<i>Зареченский с/о:</i> Калтай, Кисловка, Кафганчиково, Барабинка, Кандинка	510,9	28,3	117,2	656
<i>Курлекский с/о:</i> Курлек, Березовая речка, Госконюшня		35,46	193	228
<i>Моряковский с/о:</i> Моряковский затон, Половинка	196,7	48,96	30,345	276
<i>Рыбаловский с/о:</i> Рыбалово, Чернышовка, Верхне-Сеченово, Лаврово, Карбышево	154	13	34,7	202
<i>Шегарский р-н:</i> Победа	2,21	0,307		2,52
<i>Кожевниковский р-н:</i> Киреевск		3,647		3,65

Процентное соотношение населения, пользующегося водопроводной водой, водой из водоразборных колонок и колодцев на территории каждого сельского округа, зависит от степени благоустройства жилья и материальной обеспеченности населения. По данным Облкомстата, около 62% населения Томского района живут в домах с водопроводом.

На рисунке 4.3 для каждого округа Томского района приведены диаграммы, показывающие соотношение различных типов водоснабжения населения.

Из диаграмм следует, что индивидуальными источниками водоснабжения пользуется от 2 (Курлекский с/о) до 45% (Тимирязевский с/о) сельского населения Обь-Томского междуречья. Это, во-первых, жители малонаселенных деревень, использующие колодезную воду, и, во-вторых, это часть населения, которая имеет финансовую возможность пробурить и оборудовать на своем участке индивидуальные скважины на воду. Остальная часть населения (от 55 до 98%) пользуется водой, предоставляемой МП ЖКХ централизованно.

На сегодняшний день оснащение домов водопроводом осуществляется только во вновь вводимом жилье, а благоустройство уже существующего частного жилья производится очень редко. Причины этого заключаются в том, что подключение дома к водопроводу во всех округах осуществляется за счет индивидуального пользователя. Так же увеличивается оплата за услуги водоснабжения с подключением водопровода к зданию, что связано с увеличением нормы водопотребления. Норма водопотребления в этом случае выше нормы потребления воды из колонок, а при наличии колодцев или индивидуальных скважин плата за воду вообще не взимается. Из-за этого население неохотно подключается к центральному водопроводу. Еще одна из причин такого положения – неудовлетворительное качество водопроводной воды.

Как отмечалось выше, практически вся используемая для питьевых целей вода нуждается в специальной водоподготовке перед хозяйственно-питьевым использованием.

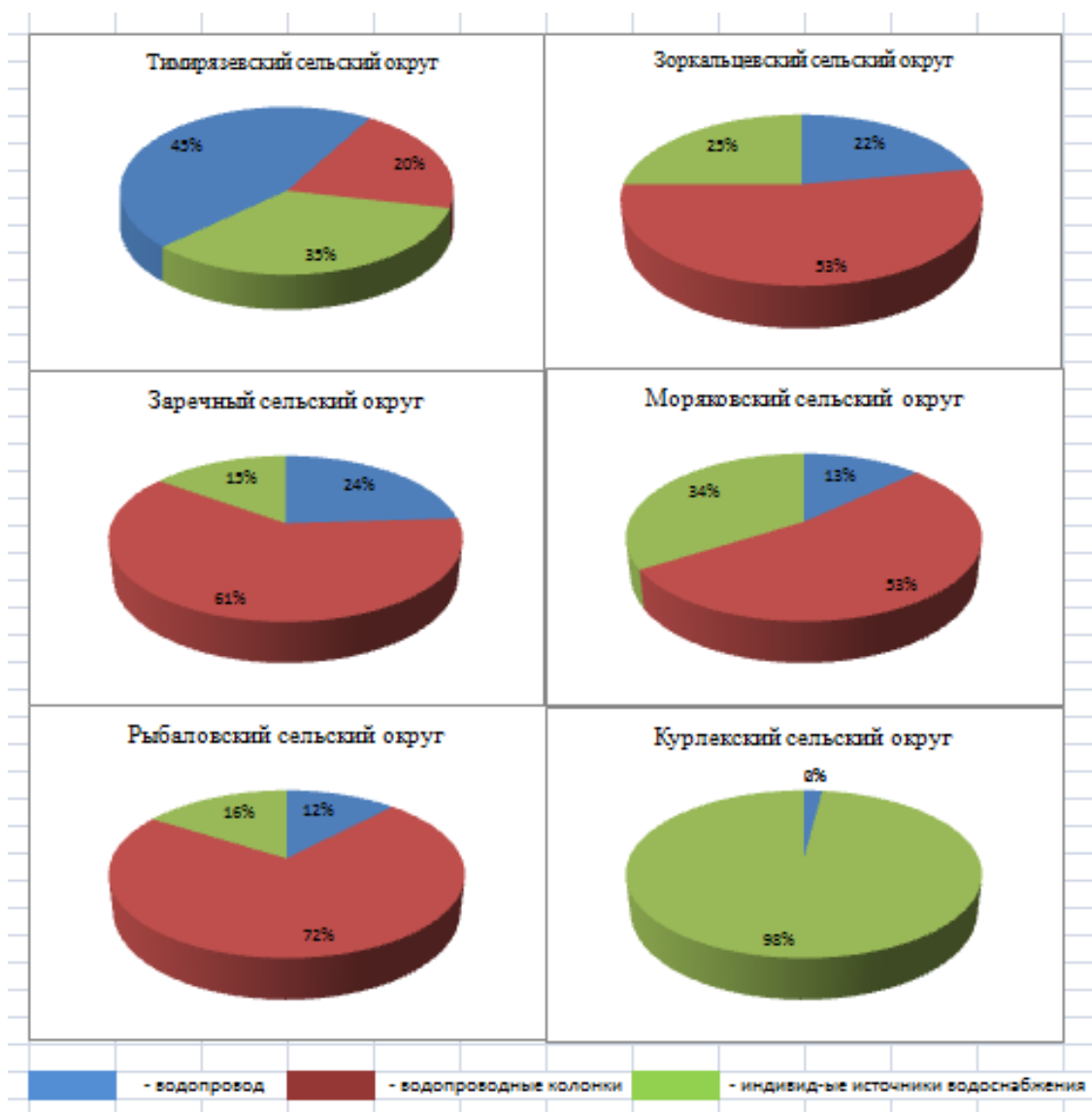


Рисунок 4.3 - Оказание услуг населению сельских округов Обь-Томского междуречья в сфере хозяйственно-питьевого водоснабжения

Предварительную очистку артезианских вод перед ее подачей населению производят восемь округов Обь-Томского междуречья: Зоркальцевский, Рыбаловский и частично Зареченский (пп. Кисловка и Кандинка). Остальные сельские округа предварительную подготовку вод не осуществляют. Частичное осаждение железа осуществляется за счет отстаивания в водонапорной башне. Таким образом, население ОТМ использует для хозяйственно-питьевых целей воду, не соответствующую

нормативным требованиям. У жителей возникает вопрос о правомерности взимания с них платы за недоброкачественную воду. Предоставление потребителю услуг, не соответствующих нормативным требованиям, нарушает конституционные права граждан, так как их здоровью наносится ущерб.

Низкое качество подаваемой населению воды связано не только с отсутствием должной водоочистки, но и с вторичным загрязнением в разводящих водопроводных сетях. Большинство водопроводных сетей имеет более 50% износа, а некоторые полностью выработали сроки эксплуатации. Это приводит к изменению состава воды как в результате бактериального загрязнения (за счет разрыва труб и контакта с загрязненными водами зоны аэрации), так и за счет коррозионных и микробиологических процессов, происходящих в металлических трубах. При вторичном загрязнении воды обогащаются железом, иногда возрастает их жесткость, что значительно снижает качество воды, достигнутое при ее очистке.

4.2.2. Стоимость воды и плата за воду

Во всех населенных пунктах, расположенных в районе Обь-Томского междуречья, платежи за водоснабжение взимаются на основании тарифов. Постановлением главы администрации Томского района от 30.12.98 г. №259 тариф на оплату услуг по водоснабжению для населения Томского района был установлен на уровне 2,25 руб./м³ без НДС. В настоящее время население платит лишь 60% от установленных тарифов – 1,35 руб./м³, остальная сумма тарифа дотируется из бюджета.

Таблица 4.3- Объемы коммунальной инфраструктуры систем водоснабжения по населенным пунктам сельских округов Обь-Томского междуречья

Сельский округ: обслуживаемые населенные пункты	Количество скважин		Глубина скважин		Возраст водоносного горизонта
	централизованной системы	локальной системы	до 100 м	от 100 до 200 м	
<i>Рыбаловский с/о:</i> Рыбалово, Карбышево, Лаврово, Верхне-Сеченово, Чернышовка	4	4	4	4	N2kc P2-3jur
<i>Тимирязевский с/о:</i> 86-квартал, Тимирязево, Дзержинка	9	5	9		N2kc P2-3jur
<i>Зоркальцевский с/о:</i> Эушта, Березкино, Борики, Поросино, Нелюбино, Губино, Петрово, Зоркальцево, Кудринский участок			20	7	QII-III P2-3jur
<i>Зареченский с/о:</i> Кисловка, Калтай, Кафтанчиково, Кандинка	18		16	2	QII-III P2-3jur
<i>Моряковский с/о:</i> Половинка, Моряковский затон	4			4	P2-3jur
<i>Шегарский р-н:</i> Победа		4	15	27	
<i>Кожневниковский р-н:</i> Киреевск					N2kc
<i>Курлекский с/о:</i> Курлек			7		

Продолжение таблицы 4.3

Сельский округ: обслуживаемые	Количество аккумулятивных	Станции улучшения качества воды	Количество насосных
----------------------------------	---------------------------	---------------------------------	---------------------

населенные пункты	емкостей				станций	
	водомерные башни, шт.	резервуары, шт.	станции очистки	станции обезжелезивания	I подъема	II подъема
<i>Рыбаловский с/о:</i> Рыбалово, Карбышево, Лаврово, Верхне-Сеченово, Чернышовка	3	1	1		4	1
<i>Тимирязевский с/о:</i> 86-квартал, Тимирязево, Дзержинка	8					
<i>Зоркальцевский с/о:</i> Эушта, Березкино, Борики, Поросино, Нелюбино, Губино, Петрово, Зоркальцево, Кудринский участок	21	3		2	1	
<i>Зареченский с/о:</i> Кисловка, Калтай, Кафтанчиково, Кандинка						
<i>Моряковский с/о:</i> Половинка, Моряковский затон	3				2	1
<i>Шегарский р-н:</i> Киреевск	30				42	
<i>Кожевниковский р-н:</i> Киреевск						
<i>Курлекский с/о:</i> Курлек		7				

Окончание таблицы 4.3

Сельский округ: обслуживаемые населенные пункты	Общая протяженность водопроводной системы, км	Срок эксплуатации труб	
		используемых в настоящее время	по нормативам
<i>Рыбаловский с/о:</i> Рыбалово, Карбышево, Лаврово, Верхне-Сеченово, Чернышовка	15,5	17	30
<i>Тимирязевский с/о:</i> 86-квартал, Тимирязево, Дзержинка	22,6	До 30	
<i>Зоркальцевский с/о:</i> Эушта, Березкино, Борики, Поросино, Нелюбино, Губино, Петрово, Зоркальцево, Кудринский участок	41,807	20	
<i>Зареченский с/о:</i> Кисловка, Калтай, Кафтанчиково,	55,72	10 12 20	15 30

Кандинка			
Моряковский с/о: Половинка, Моряковский затон	25	20	
Шегарский р-н: Киреевск	128,6	10 28	10 26
Кожевниковский р-н: Киреевск	1	15	15
Курлекский с/о: Курлек	28	5 25	15

*Таблица составлена на основании постановлений главы администрации Томского района №259 (1998 г.), №35 (1999 г.)

Для каждого отдельного округа размер дотации зависит от себестоимости воды.

Плановая себестоимость воды рассчитывается предприятиями на начало года. Поэтому фактическая и плановая себестоимости не всегда одинаковы, так как фактическая определяется по фактическим затратам на конец года. В случае, если фактическая себестоимость превысила плановую по текущему году, то муниципальные предприятия ЖКХ в начале следующего года подают в администрацию района прошения о возмещении убытков, на основании документов, обосновывающих фактическую себестоимость воды (в дальнейшем при упоминании себестоимости будет подразумеваться только фактическая себестоимость).

Вода, используемая населением для хозяйственно-бытовых нужд (на содержание крупного рогатого скота, для полива огородов), оплачивается населением в размере 100% тарифной стоимости. Величина тарифной ставки для бюджетных предприятий в соответствии с Постановлением главы администрации Томского района от 01.03.99 г. №35 составляет 2,76 руб./м³, в IV квартале 1999 г. (с 01.10.99 г.) величина тарифа была увеличена до размера 3,04 руб./м³ в соответствии с Постановлением от 28.12.99 г. №252. Оплата услуг водоснабжения хозрасчетными организациями осуществляется по договорной цене.

Себестоимость 1 м³ водопроводной воды, в сельских округах определяется по соотношению затрат на содержание систем водоснабжения и общего объема водопотребления. Для каждого из рассматриваемых районов

она различна. Затраты на содержание системы водоснабжения, на основании которых выполнен расчет себестоимости 1 м³ водопроводной воды, включает в себя:

- расходы на проведение анализа воды;
- заработную плату персонала, обслуживающего систему водоснабжения;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- амортизационные отчисления;
- налоги и сборы на восстановление минерально-сырьевой базы;
- затраты на электроэнергию;
- транспортные расходы;
- общехозяйственные расходы.

Для сравнения себестоимости воды от мелких групп скважин и от крупного водозабора ниже приведены некоторые данные (табл. 4.4).

Себестоимость добываемой подземной воды по сельским округам в несколько раз выше себестоимости воды, добываемой на Томском водозаборе, и соответствует уровню себестоимости городской водопроводной воды после очистки и транспортировки ее по городским системам водоснабжения.

Одной из причин высокой себестоимости воды в с. Киреевск и в Курлекском сельском округе является небольшое количество водопотребителей в данных населенных пунктах.

Таблица 4.4- Сравнение себестоимости воды (данные на 1999 г)

Себестоимость воды МП «Томскводоканал», руб/м ³	Себестоимость воды от локальных источников по сельским округам, руб/м ³	
0,81 – добытой воды 3,27 – с предварительной подготовкой и ее транспортировкой	Тимирязевский с/о	2,57
	Зоркальцевский с/о – с предварительной подготовкой воды	3,46
	Зареченский с/о – с предварительной подготовкой воды	2,1
	Курлекский с/о	4,8
	Моряковский с/о	2,11
	Рыбаловский с/о – с предварительной подготовкой воды	2,72
	Шегарский р-н, с. Победа	2,96
	Кожевниковский р-н, с. Киреевск	7,58

Соответственно, для их водообеспечения требуются небольшие объемы воды. Затраты же на содержание инженерной инфраструктуры непропорционально высоки относительно объемов воды, потребляемой населением, что приводит к увеличению себестоимости одного кубометра хозяйственно-питьевой воды.

Второй причиной высокой себестоимости воды, возможно, является вынужденное завышение предприятиями затрат на содержание систем водоснабжения, либо укрывание дохода путем заложения его в себестоимость продукции. За счет завышенной себестоимости увеличивается размер дотаций из бюджета.

Для того, чтобы установить достоверность получаемых данных, а также реальное положение предприятий-водопользователей, необходимо проведение финансово-аудиторских исследований.

4.2.3 Прямая денежная оценка воды

Денежная оценка использования естественных ресурсов, в том числе и воды, является одной из наиболее трудных задач в эколого-экономическом учете – статистике.

Прямая денежная оценка воды, подаваемой в жилой сектор, проводилась путем сравнения платежей за водопотребление (водопровод,

колонок) с существующими расходами на содержание системы водоснабжения исследуемых населенных пунктов.

В сумму платежей не были включены дотации из бюджета, направленные на погашение разницы в тарифах. Это произошло потому, что разделить дотацию для населения, пользующегося водой из колонок, и населения, пользующегося водопроводной водой в доме, очень сложно.

Оценка осуществляется по двум позициям в зависимости от типа водообеспечения:

- водопровод в доме;
- использование колонок.

При пользовании колодцем проведение прямой денежной оценки воды невозможно, т.к. нет сведений об их численности на рассматриваемой территории, не существует фиксированных сборов за пользование колодезной водой и т.д.

Водопровод в доме. Рыночная оценка пользования водопроводом с подачей воды в жилые помещения определялась как разница между средней стоимостью 1 м³ использованной воды и себестоимостью воды для муниципальной службы. Средняя стоимость использованной воды была принята как отношение годовой платы, получаемой МП ЖКХ от населения, пользующегося водопроводной водой, к общему объему потребляемой воды населением этой категории.

Исходя из этого, прямая денежная оценка воды, подаваемой в жилые помещения, составляет:

Тимирязевский с/о	$206,1/199 - 2,57 = -1,53$ руб./м ³
Зоркальцевский с/о	$0,21/259 - 3,46 = -2,11$ руб./м ³
Зареченский с/о	$510,9 / 395 - 2,1 = -0,8$ руб./м ³
Моряковский с/о	$196,69 / 206,434 - 2,11 = -16$ руб./м ³
Рыбаловский с/о	$154 / 135,7 - 2,65 = -1,52$ руб./м ³
Шегарский р-н (с. Победа)	$2,210 / 2,23 - 3 = -2,0$ руб./м ³

Уличная водоразборная колонка. Расчеты выполняются аналогичным образом, что и для водопровода в доме. Затраты на содержание этого типа водообеспечения такие же, что и в первом случае, поэтому себестоимость такой воды равна себестоимости воды водопроводной.

Прямая денежная оценка воды из водоразборной колонки составляет:

$$\text{Тимирязевский с/о} \quad 51,5/104 - 2,57 = -2,08 \text{ руб./м}^3$$

$$\text{Зоркальцевский с/о} \quad 35,952/82,25 - 3,46 = -3,02 \text{ руб./м}^3$$

$$\text{Зареченский с/о} \quad 28,3/54 - 2,1 = -1,58 \text{ руб./м}^3$$

$$\text{Курлекский с/о} \quad 35,46/30,95 - 4,8 = -3,65 \text{ руб./м}^3$$

$$\text{Моряковский с/о} \quad 48,96/29,394 - 2,11 = -0,44 \text{ руб./м}^3$$

$$\text{Рыбаловский с/о:} \quad 13/9,2 - 2,65 = -1,24 \text{ руб./м}^3$$

$$\text{Шегарский р-н (с. Победа)} \quad 0,307/1,93 - 3 = -2,84 \text{ руб./м}^3$$

$$\text{Кожевниковский р-н (с. Киреевск)} \quad 3,647/4,38 - 7,58 = -6,75 \text{ руб./м}^3$$

Средняя стоимость воды для населения, пользующегося различными типами водообеспечения, должна приблизительно быть одинаковой в связи с тем, что по Томскому району принят единый тариф на воду. Кроме того, размер средней стоимости, в случае если используются плановые доходы, должен составить величину от 1,35 руб. и выше за 1 м³ (выше получается в тех округах, где взимается плата за полив огородов и на содержание КРС – по 100% тарифу).

Проведение денежной оценки вод из различных источников в этом случае нецелесообразно. Если бы возможно было дифференцировать затраты на содержание систем водоснабжения (отдельно для водоразборных колонок и отдельно для водопровода, проведенного в квартиру), то результатами денежной оценки были бы выводы о рентабельности того или иного типа водообеспечения.

При проведении денежной оценки воды для населения использовались фактические доходы. В результате средняя стоимость воды из колонок и водопровода получилась различной, и в некоторых случаях очень низкой, что связано с несвоевременной оплатой населением услуг

водоснабжения. Это свидетельствует о том, что население даже по льготным тарифам не всегда справляется с коммунальными платежами.

Анализ результатов выполненной денежной оценки воды, потребляемой населением исследуемого района, показал, что во всех сельских округах наблюдается значительный дефицит для водопользователя.

Фактическая плата населения за воду должна основываться на расчете реальных издержек услуг водоснабжения, то есть она должна быть равной величине себестоимости 1 м³ воды с запасом прибыли 25%.

Однако, как видно из приведенных выше данных, текущие платежи населения составляют лишь часть себестоимости воды, даже при существующих затратах, и не могут обеспечивать нормальное функционирование служб водоснабжения.

Для того чтобы объективно определить, могут ли самостоятельно существовать и развиваться коммунальные службы водоснабжения населенных пунктов исследуемого района, был проведен анализ доходов, получаемых за пользование водой, от всех категорий водопотребителей и расходов, затраченных на содержание всей системы водоснабжения.

С этой целью для каждого из рассматриваемых округов (районов) была проведена прямая денежная оценка воды в соответствии с "Рекомендациями по денежной оценке ресурсов и объектов окружающей среды", общая для всех водопотребителей:

Тимирязевский с/о $976,7/505,5 - 2,57 = - 0,64$ руб./м³

Зоркальцевский с/о $332/358 - 3,46 = - 2,24$ руб./м³

Зареченский с/о $656,4/638,8 - 2,1 = - 1,08$ руб./м³

Курлекский с/о $228,46/34,591 - 4,8 = 1,8$ руб./м³

Моряковский с/о $276/246 - 2,11 = - 0,988$ руб./м³

Рыбаловский с/о $201,7/202,3 - 2,65 = - 1,65$ руб./м³

Кожевниковский с/о $3,647/4,38 - 7,58 = - 6,75$ руб./м³

На основании полученных результатов денежной оценки воды в рассматриваемых сельских округах (районах) можно сказать, что платежи за

пользование водой значительно ниже расходов по водообеспечению для всех категорий пользователей и потребителей (население, предприятия и организации). В связи со сложной экономической ситуацией в сельских округах население не может оплачивать услуги водоснабжения по той цене, которую предлагает водопользователь – по себестоимости. Даже хозрасчетные предприятия, потребляющие воду по договорной цене, не в силах компенсировать убытки от недоплаты населения. Следовательно, чистая стоимость воды представляет собой отрицательную величину, то есть фактические платежи не окупают издержки водоснабжения.

В табл. 4.5 приведена денежная оценка с учетом фактических дотаций и фактических доходов, получаемых от потребителей услуг водоснабжения, с целью показать реальную ситуацию платежей за водоснабжение.

Таблица 4.5 - Денежная оценка с учетом фактических дотаций и фактических доходов

Предприятие ЖКХ с/о	Платежи за воду всех категорий водопотребителей, тыс. руб./год	Дотации бюджета тыс. руб./год	Общий доход, тыс. руб./год	Общий объем водопотребления, тыс. руб./год	Средняя стоимость воды, руб./м ³	Себестоимость воды, руб./м ³	Денежная оценка руб./м ³
МП ЖКХ Тимирязевского с/о	976,7	171,8	1148,5	500,5	2,29	2,57	- 0,28
МП ЖКХ Зоркальцевского с/о	436,332	295	731,3	358	2,04	3,46	- 1,42
МП ЖКХ Заречного с/о	656,4	298,5	954,9	638,8	1,49	2,11	- 0,62
МП	228,46	286,9	515,3	34,59	14,9	4,8	10,1

ЖКХ Курл екско го с/о			6	1			
МП ЖКХ Моря ковск ого с/о	276	149	425	246	1,72	2,11	- 0,39
МП ЖКХ Рыба ловск ого с/о	201,7	84,7	286,4	202,3	1,42	2,65	- 1,23

В Курлекском сельском округе денежная оценка получилась положительной за счет того, что в фактических доходах (платежах) и дотациях присутствуют погашенные в текущем году задолженности за предыдущие годы. По остальным округам, даже с учетом дотаций, денежная оценка имеет отрицательную величину.

Итак, за 1999 год все предприятия ЖКХ сельских округов по услугам водоснабжения оказались нерентабельными. Это объясняется, во-первых, низкой платежеспособностью населения, во-вторых, несвоевременным поступлением дотаций из бюджета. Кроме того, положение осложняется тем, что дотирование из бюджета осуществляется не полностью денежной массой, а частично – взаимозачетами и векселями.

4.2.4 Прямая нерыночная оценка воды

Прямая нерыночная оценка воды основана на использовании метода субъективной оценки готовности населения платить за услуги водоснабжения. Этот метод предусматривает опрос жителей, проживающих в населенных пунктах Обь-Томского междуречья.

Наибольший удельный вес по водоснабжению в структуре себестоимости услуг ЖКХ, предоставляемых потребителям (в соответствии с калькуляцией затрат), занимают следующие статьи:

- амортизация – 21,24%;
- электроэнергия – 17,81%;

- заработная плата производственных рабочих – 12,65%.

Сложное экономическое положение предприятий ЖКХ на рассматриваемой территории объясняется практически полной неуплатой ими платежей и налогов за водные ресурсы. Отсюда – кризисное состояние систем водоснабжения, которое влечет за собой проблемы надежности подачи воды (пп. Киреевск и Рыбалово).

Исходя из анализа условий водоснабжения, желания иметь водопровод в доме, стоимости возможного подключения к водопроводной системе, размера предполагаемой абонентской платы и готовности платить (ГП) за услуги водопровода, получены результаты, свидетельствующие о фактической неготовности населения нести все расходы по водоснабжению, о чем свидетельствуют отрицательные значения стоимости воды в табл. 4.6.

Таблица 4.6 - Прямая нерыночная оценка воды по населенным пунктам Обь-Томского междуречья

Наименование населенного пункта	Готовность платить за 1 м ³ воды, руб./м ³	Себестоимость 1 м ³ воды по МП ЖКХ	Стоимость 1 м ³ воды, руб./м ³ (оценка по ГП)
Киреевск	2,8	7,58	- 4,78
Тимирязево	0,7	2,57	- 1,87
Кафтанчиково	0,6	2,1	- 1,5
Победа	1,5	3	- 1,5
Моряковский Затон	1,4	2,1	- 0,7

В то же время они превышают данные прямой рыночной оценки: (почти в два раза в Кафтанчиково и Победе; на 40% в Киреевске). Исключение составляет Моряковский Затон, где получена очень низкая субъективная оценка воды – на уровне 60% от значения рыночной оценки.

4.2.5 Косвенная нерыночная оценка воды

Косвенная нерыночная оценка воды предполагает анализ издержек домашних хозяйств на повышение качества воды, полученной из систем центрального водоснабжения, до приемлемого уровня.

Результаты косвенных нерыночных оценок воды (руб./м³) варьируют от 0,49 в п. Кафтанчиково до 8,76 в п. Победа. Средняя величина составляет – 3,25 руб./м³.

Данные издержки отражают минимальную оценку. Превентивные меры сопровождаются издержками, которые не всегда могут быть измерены. Если услуги централизованного водоснабжения были бы высокого качества, эти издержки отсутствовали бы. Полученные материалы показывают, насколько увеличилась бы готовность населения платить, если бы улучшилось качество предоставляемых услуг по водоснабжению.

Общая стоимость воды Обь-Томского междуречья, используемой населением и в промышленности, составляет 20,3 млн руб./год (табл. 4.2.5.1).

Таблица 4.7 - Экономическая оценка воды Обь-Томского междуречья в системах водоснабжения

Сектор водопользования	Объем ежегодного потребления воды, тыс. м ³ /год	Валовая стоимость, тыс. руб./год	Валовые издержки, тыс. руб./год	Чистая стоимость, тыс. руб./год
Населенные пункты Обь-Томского междуречья				
Домашние хозяйства	1 513,47	1 635,03	3 785,52	- 2 150,49
Предприятия и бюджетная сфера	458,05	1 146,73	1 067,71	79,02
Всего:	1 971,52	2 781,76	4 853,23	- 2 071,47
г. Томск				
Домашние хозяйства	31 045,6	24 910,5	100 277,3	- 75 366,8
Предприятия и бюджетная сфера	5 737,8	75 548,8	18 385,8	57 163
Всего:	36 783,4	100 459,3	118 663,1	- 18 203,8
Итого:	38 754,91	103 243,27	123 516,33	- 20 275,27

Результаты исследований проведенных в данной главе, позволяют сделать определенные выводы.

Основная часть естественных ресурсов подземных вод Обь-Томского междуречья формируется в неоген-четвертичных и палеогеновых

водоносных комплексах. Естественные минимальные ресурсы подземных вод данных комплексов, определенные по инфильтрационному питанию, составляют 700 тыс. м³/сут. Извлекаемые эксплуатационные ресурсы подземных вод на данной территории составляют 203 тыс. м³/сут, что свидетельствует о больших перспективах междуречья в обеспечении хозяйственно-питьевой водой населения ОТМ.

Эксплуатация подземных вод на Обь-Томском междуречье водопользователем – муниципальными службами Томского района не эффективна. Возникают вопросы нормативно-правового характера, касающиеся необходимости смены муниципальной собственности на подземные воды на более прогрессивные формы собственности.

Состояние водоснабжения в целом находится на очень низком уровне: на 78 эксплуатационных скважинах имеется всего две установки обезжелезивания и 3 установки водоочистки, от 12 до 45% населения продолжает пользоваться водой из колодцев.

Ограничено инвестиционное финансирование на развитие систем водоснабжения.

Себестоимость добываемой подземной воды по сельским округам в несколько раз выше себестоимости воды, добываемой на Томском водозаборе.

Денежная оценка стоимости подземной воды по сельским округам Обь-Томского междуречья имеет отрицательное значение и в 2-3 раза превышает среднюю стоимость использованной воды, что свидетельствует о низкой платежеспособности населения.

Дальнейшее повышение тарифов невозможно.

С целью более глубокого изучения обоснованности затрат на водоснабжение и себестоимости использованной воды необходимо проведение финансового аудита.

Проведенный экономический анализ использования водных ресурсов – первая попытка интеграции экологической и экономической политики в питьевом водоснабжении на территории Обь-Томского междуречья.

Обсуждаемые результаты не в полной мере учитывают различные виды водопользования (в сельскохозяйственном производстве, садоводческих кооперативах и т.д.). Они в дальнейшем будут уточняться в соответствии с концепцией, описанной в первом разделе главы. В то же время выполненная работа показала, насколько эффективны те или иные действия при оказании услуг по водоснабжению и позволила скорректировать направления ценообразования и налогообложения воды с целью улучшения ситуации во взаимоотношениях «г. Томск – территория Обь-Томского междуречья».

4.3 Эффективность водохозяйственных и водоохраных мероприятий

Оценка экономической эффективности водохозяйственных и водоохраных мероприятий является неотъемлемой составляющей планирования и управления их реализацией и осуществляется на единой методической основе определения экономической и социально-экологической эффективности этих мероприятий.

Существует несколько видов результатов водохозяйственных мероприятий :

- социальный - стоимостная оценка возникающих после проведения водохозяйственных мероприятий дополнительных возможностей и преимуществ в социальных условиях проживания населения на территории, находящейся в зоне влияния мероприятия, включая и преимущества, связанные с минимизацией негативного воздействия вод;
- экологический - возникающее после проведения водохозяйственного мероприятия увеличение стоимостных оценок количественных и качественных характеристик природных объектов, ресурсов и сфер в зоне влияния мероприятия;

- экономический - возникающий после проведения водохозяйственного мероприятия дополнительный прирост стоимостных оценок средств производства и возможностей самого производства в зоне влияния мероприятия, включая уменьшение возможных потерь производства вследствие негативного воздействия вод.

Расчеты экономической эффективности водохозяйственных мероприятий могут основываться на тех же принципах, что и расчеты любых мероприятий, результаты которых допускают количественную оценку. В процессе проведения водохозяйственных мероприятий выполняется определенная совокупность работ, каждая из которых может относиться к одной из групп мероприятий.

Таблица 4.8 – Основные группы мероприятий и виды работ [61]

Группы мероприятий	Виды работ	Единицы измерения объема мероприятия
Установление водоохранных зон и прибрежных защитных полос	благоустройство территорий зон	Км., Га.
Залужение и лесонасаждение в водоохранных зонах	залужение и лесонасаждение	Га
Расчистка водных объектов	очистка от наносов; очистка от плавающей и затопленной древесины, затонувших судов; очистка от мусора и обломков зданий и сооружений, занесенных в водные объекты в результате половодий и паводков.	Км., Га.
Регулирование водных объектов	строительство шпор, полузапруд и дамб для предотвращения размыва берегов; спрямление русел водотоков с целью создания скоростей течения, препятствующих заилению.	Шт. Км.
Дноуглубление	создание скоростей течения с целью предотвращения заиления; устройство фильтрующих или переливных дамб.	Км. Шт.

Берегоукрепление	намыв пляжных откосов; полаживание откосов; повышение отметок поверхности территории; строительство сооружений капитального характера.	Км.
Противоэрозионные работы	перегораживающие сооружения; небольшие пруды; перепады; берегоукрепительные сооружения; водовыпуски; устройство дренажных систем.	Шт.

Методы расчета результатов водохозяйственных мероприятий

Эффективность водохозяйственного мероприятия (Эв) рассчитывается как отношение между экономической оценкой ожидаемого среднегодового результата водохозяйственного мероприятия (Ro) и среднегодовыми затратами (Зс), которые необходимы для достижения этого результата:

$$Эв = Зс/Ro \quad (4.4)$$

Расчет эффективности водохозяйственных мероприятий осуществляется исходя из данных о параметрах мероприятия и о параметрах, характеризующих зону влияния этого мероприятия, позволяющих оценить затраты на его осуществление и предполагаемые социальные, экономические и экологические результаты, возникающие вследствие его осуществления.

Величина ожидаемого среднегодового результата (Ro) водохозяйственного мероприятия определяется по формуле:

$$Ro = Rф - Рущ \quad (4.5)$$

где:

Rф — фактический прирост национального богатства, возникающий при осуществлении водохозяйственного мероприятия;

Рущ — вероятный ущерб, предотвращаемый в результате проведения водохозяйственного мероприятия.

Результат водохозяйственного мероприятия (R_{ϕ}) определяется как сумма экономического (R_{ε}), экологического ($R_{\varepsilon k}$) и социального (R_c) результатов по формуле:

$$R_{\phi} = R_{\varepsilon} + R_c + R_{\varepsilon k} \quad (4.6)$$

Показатель (R_{ε}) определяется исходя из следующих возможных изменений:

- прироста национального имущества в результате осуществления водохозяйственного мероприятия;
- сокращения износа основных производственных фондов, возникающего в результате проявления отрицательных экологических последствий;
- сокращения потерь производства в результате проявления отрицательных экологических последствий, в том числе в результате ликвидации и диверсификации отдельных производств и предприятий;
- прироста производства за счет введения особых экономических условий на территории влияния водохозяйственного мероприятия, в том числе за счет развития новых экологически чистых производств и диверсификации ранее действовавших;
- повышения кадастровых оценок земель водного фонда.

Показатель (R_c) определяется исходя из следующих возможных изменений [61]:

- снижения заболеваемости населения, обусловленной некачественным состоянием водных ресурсов, используемых в бытовых целях;
- увеличения количества и повышения качества медицинского обслуживания;
- снижения износа основных фондов социальной инфраструктуры, возникающего в результате проявления отрицательных экологических последствий;

- повышения рекреационных возможностей территорий.

Показатель (Рэк) определяется исходя из следующих возможных изменений [61]:

- улучшения состояния природных сфер и объектов;
- снижения негативных воздействий хозяйственных объектов на окружающую природную среду;
- улучшения качественных и количественных характеристик основных фондов природоохранного назначения.

Величина вероятного ущерба, предотвращаемого в результате проведения водохозяйственного мероприятия (Рущ) определяется на основе оценки последствий возможных отрицательных воздействий в случае отказа от проведения водохозяйственных мероприятий. В таблице 4.9 представлены наиболее распространенные виды воздействий.

Таблица 4.9 - Основные результаты и наиболее распространенные виды негативных воздействий в случае отказа от проведения водохозяйственных мероприятий [61]

Виды мероприятий	Показатели оценки результата мероприятий после проведения водохозяйственных мероприятий			Виды негативных воздействий
	Экономический	Социальный	Экологический	
Благоустройство территорий зон	повышение кадастровой оценки водного объекта	Улучшение медико-санитарных условий жизни; повышение возможностей рекреации: — предотвращение загрязнения, заиления истощения водных объектов, — сохранение среды обитания объектов	Улучшение качества поверхностных водных объектов; улучшение гидрологического режима; сохранение биоты водоемов	Загрязнение водных объектов в результате хозяйственной деятельности; затопление, подтопление, водная эрозия

		животного и растительного мира		
Залужение и лесонасаждение	повышение кадастровых оценок земель водного фонда	повышение возможностей рекреации	-	загрязнение водных объектов в результате хозяйственной деятельности; затопление, подтопление, водная эрозия
Очистка от наносов Очистка от плавающей и затопленной древесины, затонувших судов Очистка от мусора и обломков зданий и сооружений, нанесенных в водные объекты в результате половодий и паводков	повышение кадастровых оценок водных объектов; улучшение условий судоходства	улучшение медико-санитарных условий жизни; повышение возможностей рекреации	снижение риска вторичного загрязнения водных объектов	риски аварий на водном транспорте; ухудшение медико-санитарных условий
Строительство шпор, полузапруд и дамб Для предотвращения размыва берегов Спрявление русел водотоков с целью создания скоростей течения, препятствующих заилению	создание фондов непроизводственного назначения; снижение затрат на содержание береговых сооружений	-	-	обрушение береговой линии; заиление, ухудшение медико-санитарных условий водоемов
Создание скоростей течения с целью предотвращения заиления Устройство фильтрующих или переливных дамб	улучшение судоходства		уменьшение вторичного загрязнения	риск аварий на водном транспорте, заиление
Намыв пляжных	создание фондов	повышение	снижение	подтопление

откосов Уполаживание откосов Повышение отметок поверхности территории Строительство сооружений капитального характера (каменная наброска, габионное крепление, железобетонное крепление, крепление с применением шпунтовых стенок)	не- производственног о назначения; повышение кадастровой оценки водоемов; снижение затрат на содержание береговых сооружений	возможностей рекреации	первичного и вторичного загрязнения водных объектов	, водная эрозия; обрушение береговой линии
Перегораживающи е сооружения Небольшие пруды Перепады	-	-	-	-
Берегоукрепительн ые сооружения Водовыпуски Устройство дренажных систем	повышение кадастровых оценок земель; стоимость капитальных сооружений	-	снижение водной эрозии и вторичного загрязнения	подтопление , водная эрозия

Общая оценка вышеперечисленных последствий должна представлять собой суммарную величину ущербов, причиненных природно-ресурсному, экономическому и социальному потенциалам территории.

Ущерб природно-ресурсному потенциалу определяется как сумма представленных в стоимостном выражении оценок указанных потерь количественных и качественных характеристик по отдельным природным ресурсам, объектам и сферам.

Ущерб, причиненный экономическому потенциалу, определяется как сумма представленных в стоимостном выражении оценок потерь всех составляющих, учитываемых в категории национального имущества, а также потерь из-за упущенных в результате ухудшения состояния окружающей среды и здоровья населения выгод.

Ущерб, причиненный социальному потенциалу, определяется как сумма представленных в стоимостном выражении оценок потерь, связанных с изменением количества и качества отдельных видов услуг социальной сферы.

Методы расчета затрат на водохозяйственные мероприятия

При расчете затрат на водохозяйственные мероприятия следует исходить из того, какие они могут включать в себя затраты на капитальные сооружения и их строительство, затраты на текущие мероприятия и эксплуатационные расходы. При этом конкретное водохозяйственное мероприятие может включать в себя как отдельные из перечисленных выше затрат, так и всю их совокупность.

К капитальным сооружениям по защите от вредного воздействия вод относятся: берегоукрепление, устройство вертикальных и откосных набережных, нагорные каналы, дамбы, плотины, шпоры, стенки, ливнепропускные каналы, насосные станции, водосбросные сооружения, дренажные системы, регулирующие сооружения, дорожная сеть.

К текущим мероприятиям по защите от вредного воздействия вод относятся: дноуглубление, расчистка и спрямление русла рек, террасирование склонов, лесонасаждения, уполаживание откосов, повышение отметок поверхности территории, инвентаризация и обследование гидротехнических сооружений, мониторинг, консервация и ликвидация бесхозных водохранилищ.

К эксплуатационным расходам по содержанию защитных сооружений от вредного воздействия вод относятся: расходы на заработную плату с отчислениями в социальные фонды; расходы на электроэнергию, тепло, воду; амортизационные отчисления; расходы на материалы; расходы на ремонты; прочие расходы.

Величина среднегодовых затрат на проведение водохозяйственных мероприятий (Z_c) в общем случае определяется по формуле:

$$Z_c = Z_T + K/T \quad (4.7)$$

где:

Z_t – текущие затраты на водохозяйственное мероприятие;

K – единовременные капитальные вложения на проведение водохозяйственного мероприятия;

T – нормативный срок окупаемости (коэффициент приведения разновременных затрат $1/T = E_{np}$, равный 0,08).

Методы оценки эффективности водохозяйственных мероприятий

Общая оценка эффективности водохозяйственного мероприятия выглядит как сумма оценок экономической, экологической и социальной эффективности:

$$Эв = Эвэ + Эвс + Эвэк \quad (4.8)$$

где:

$Эвэ = Rэ/Зс$ — экономическая эффективность;

$Эвс = Rс/Зс$ — социальная эффективность;

$Эвэк = Rэк/Зс$ — экологическая эффективность.

Показатели экономической, социальной и экологической эффективности рассматриваются как отдельные составляющие общей эффективности водохозяйственных мероприятий и используются в качестве индикаторов при оценке эффективности изменений, связанных с водохозяйственным мероприятием, проявляющихся в результате его проведения в соответствующих сферах - экономической, социальной или экологической.

Порядок проведения расчетов эффективности водохозяйственных мероприятий

Расчеты эффективности водохозяйственных мероприятий осуществляются на всех этапах – начиная с момента формирования и согласования бюджетной заявки заканчивая моментом выделения бюджетных средств.

На этапе формирования бюджетной заявки заявитель разрабатывает проектно-сметную документацию, производит оценку затрат, необходимых

для проведения водохозяйственного мероприятия, с обозначением потребности в бюджетных средствах.

В процессе разработки проектно-сметной документации кроме определения сметной стоимости водохозяйственного мероприятия осуществляются расчеты величины вероятного ущерба, который может быть предотвращен в результате этого мероприятия. Расчеты ущерба осуществляются на основе утвержденных методик определения ущерба, наносимого природными и техногенными авариями и катастрофами.

Данные заносятся в Информационный паспорт для оценки эффективности водохозяйственного мероприятия. Информационный паспорт для оценки эффективности водохозяйственного мероприятия представляется в Росводресурсы в составе бюджетной заявки на водохозяйственное мероприятие.

Специалисты Росводресурсов в процессе рассмотрения бюджетной заявки на водохозяйственные мероприятия осуществляют экспертизу расчетов его эффективности.

**Анализ эколого-экономической и технологической эффективности водопользования
в зоне влияния Томского подземного водозабора**

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ41	Сельскому Владимиру Вадимовичу

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Природобустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<ol style="list-style-type: none"> Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы Приказы 	<ol style="list-style-type: none"> СП 33-101-2003 Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства"
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> Расчет концентрации вещества в контрольном створе 	<ol style="list-style-type: none"> Средние значения химических элементов в сточной воде и в природной воде Расчет минимального расхода Распространение загрязняющих веществ Расчет концентрации вещества в контрольном створе
<ol style="list-style-type: none"> Расчет платы за ущерб окружающей среде 	<ol style="list-style-type: none"> Расчет массы загрязняющих веществ, сброшенных со сточными водами Размер вреда, причиненного водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод

Перечень графического материала

- Формулы
- Таблицы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф И.В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Сельский Владимир Вадимович		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Введение

Оценка фактического и допустимого антропогенного воздействия на реки является актуальной проблемой, от решения которой во многом зависит социально-экологическое развитие регионов РФ. В данной работе эта проблема рассматривается на примере реки Кисловки – левого притока р. Томи, водосбор которой расположен в Томском районе Томской области и соответственно с границами питания Томского месторождения подземных вод, используемых для водоснабжения г. Томска. В тоже время, р. Кисловка – приемник сточных вод из станции обезжелезивания Томского водозабора подземных вод (ТПВЗ) [62].

Целью работы является анализ фактического состояния реки Кисловки, оценка допустимого воздействия и расчет ущерба окружающей среде, связанного со сбросом сточных вод станции обезжелезивания Томского водозабора подземных вод [62].

5.2 Расчет концентрации вещества в контрольном створе

Томский подземный водозабор существует с 1972 года, общий объем сточных вод сбрасываемых в р. Кисловка за 2009г. равен 25024,4 м³.

Средние значения химических элементов в сточной воде и в природной воде (фоновая концентрация) представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Содержание химических элементов в исследуемой воде, мг/л

Природная вода		Сточная вода	
Компонент	Фоновая концентрация	Компонент	Среднее значение
Взвешенные вещества	13,217	Взвешенные вещества	60,3
СГ	14,114	СГ	12,7
NO ₃ ⁻	9,246	NO ₃ ⁻	3,47
NO ₂ ⁻	0,860	NO ₂ ⁻	0,93

NH4	1,019	NH4	0,628
PO4 ³⁺	0,079	PO4 ³⁺	0,275
Feобщ	4,283	Feобщ	18,2
Mn ²⁺	0,197	Mn ²⁺	0,198
Cu ²⁺	0,0054	Cu ²⁺	0,006
Zn ²⁺	0,011	Zn ²⁺	0,0108
Pb ²⁺	0,0033	Pb ²⁺	0,0028
ХПК	18,953	ХПК	14,298
БПК5	2,555	БПК5	3,118
НП	0,245	НП	0,09
Фенолы	0,0014	Фенолы	0,0015
СПАВ	0,038	СПАВ	0,0145

В работе использована методика определения расчетов при отсутствии данных наблюдений согласно [СП 33-101-2003], так как данных гидрологических наблюдений по данной реке нет.

Минимальный расход рассчитан по формуле:

$$Q_{p\%} = b(F \pm F_1)^m \delta_1 \delta_2 \lambda_{p\%} \text{ (м}^3/\text{с)} \quad (5.1)$$

$$Q_{p\%} = 1,95 \cdot 10^{-3} (298 \pm 1)^{0,98} \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,63 = 0,32 \text{ м}^3/\text{с}$$

Исходя из вычислений минимальный расход составляет 0,32 м³/с.

Моделирование распространения загрязняющих веществ в воде р. Кисловка по методу Фролова – Родзиллера [63]. Значения коэффициента смешения рассчитываются по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{1 - e^{(-\alpha^3 \sqrt{L\Phi})}}{1 + \frac{Q}{q_{ст}} e^{(-\alpha^3 \sqrt{L\Phi})}} \quad (5.2)$$

где $L\Phi$ – расстояние от выпуска до контрольного створа по фарватеру, м;

α – коэффициент, зависящий от гидравлических условий потока;

Q – расход речной воды;

q – расход сточных вод.

Расчеты производились с изменением расстояния от выпуска сточных вод, от 100 м до 500 м. В результате получаем значения коэффициента смешения представленного в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Результаты расчета коэффициента смешения в зависимости от расстояния

L, м	γ
100	0,77
200	0,88
300	0,93
400	0,95
500	0,96

По полученным результатам видно, что с увеличением расстояния от места выпуска сточных вод, уменьшается значение коэффициента смешения.

Расчет концентрации вещества в контрольном створе производится по формуле (5.2) [64]:

$$C_x = \frac{C\phi * Q\phi * \gamma + C_{ст} * q_{ст}}{Q\phi * \gamma + q_{ст}} e^{-Kc * t} \quad (5.3)$$

где C_x – концентрация вещества в контрольном створе исследуемого водного объекта.

Результаты расчета представлены в таблице ниже.

Таблица 5.3 – Концентрация вещества в контрольном створе.

L, м	C _x , мг/л															
	NH ₄	Cu	БПК ₅	СПАВ	Фенолы	Zn	ХПК	Нефтепродукты	Fe	Взвешенные вещества	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Mn	Pb
100	0,93	0,24	2,67	0,03	0,001	0,01	17,93	0,21	7,29	23,39	13,81	7,97	0,88	0,12	0,2	0,003
200	0,93	0,23	2,66	0,03	0,001	0,01	17,92	0,21	7,28	23,39	13,81	7,95	0,88	0,12	0,2	0,003
300	0,93	0,23	2,65	0,03	0,001	0,01	17,91	0,21	7,28	23,39	13,81	7,92	0,88	0,12	0,2	0,003
400	0,92	0,23	2,65	0,03	0,001	0,01	17,89	0,21	7,27	23,39	13,81	7,9	0,88	0,12	0,2	0,003
500	0,92	0,23	2,64	0,03	0,001	0,01	17,88	0,21	7,27	23,39	13,81	7,87	0,88	0,12	0,2	0,003
ПД К р-х	0,39	0,001	3	0,5	0,001	0,01	15	0,05	0,1	6,75	300	40	0,8	0,2	0,01	0,006
Сф	1,01 9	0,005 4	2,55 5	0,03 8	0,001 4	0,01 1	18,95 3	0,24 5	4,28 3	13,21 7	14,11 4	9,24 6	0,86	0,07 9	0,19 7	0,003 3

По результатам выполненных расчетов можно сделать вывод о том, что состояние вод р. Кисловка неудовлетворительное, так как содержание химических элементов таких как NH₄⁺, Cu²⁺, Feобщ, Mn²⁺ не соответствует установленным предельно допустимым значениям.

5.3 Расчет размера вреда в результате сброса сточных вод

Исчисление размера ущерба основывается на принципах компенсационной оценки и возмещения причиненного вреда. Для расчета

ущерба была использована «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» и приказ «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

Таблица 5.4 - Характеристика химического состава сбрасываемых сточных вод в сравнении с нормативами вод рыбохозяйственного назначения (ПДКр-х).

Показатель	Содержание, мг/дм ³	ПДКр-х, мг/дм ³
NH ₄ ⁺	1,019	0,39
Cu ²⁺	0,0054	0,001
Zn ²⁺	0,011	0,01
Fe _{общ}	4,283	0,1
Mn ²⁺	0,197	0,01

Расчет массы загрязняющих веществ, сброшенных со сточными водами, производится по формуле [65]:

$$M_i = Q \times (C_{\phi} - C_{д}) \times T \times 10^{-6} \quad (5.4)$$

где: M_i – масса сброшенного i -го загрязняющего вещества, т;

i – загрязняющее вещество, по которому производится вычисление размера вреда;

Q – расход сточных вод, с превышением содержания i -го вредного загрязняющего вещества, м³/час ($Q = 2,86$ м³/час);

C_{ϕ} – средняя фактическая концентрация загрязняющих веществ в сточных водах;

$C_{д}$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в пределах норматива предельно допустимого сброса или лимита сброса при его наличии на период проведения мероприятий по снижению сбросов загрязняющих веществ в водные объекты;

T – продолжительность сброса сточных вод с повышенным содержанием вредных (загрязняющих) веществ, определяемая с момента обнаружения сброса и до его прекращения, час ($T = 1$ год = 8760 часов);

10^{-6} – коэффициент перевода массы загрязняющего вещества в т.

Отсюда, масса сброшенных загрязняющих веществ в составе сточных вод составляет:

$$M_{\text{NH}_4^-} = 2,86 \text{ м}^3/\text{час} \times (1,019 \text{ мг/дм}^3 - 0,39 \text{ мг/дм}^3) \times 2136 \text{ ч} \times 10^{-6} = 0,0039 \text{ т};$$

$$M_{\text{Fe}_{\text{общ}}} = 2,86 \text{ м}^3/\text{час} \times (4,283 \text{ мг/дм}^3 - 0,1 \text{ мг/дм}^3) \times 2136 \text{ ч} \times 10^{-6} = 0,0255 \text{ т};$$

$$M_{\text{Mn}^{2+}} = 2,86 \text{ м}^3/\text{час} \times (0,197 \text{ мг/дм}^3 - 0,01 \text{ мг/дм}^3) \times 2136 \text{ ч} \times 10^{-6} = 0,0115 \text{ т};$$

Размер вреда, причиненного водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод определяется по формуле [65]:

$$Y = K_{\text{вг}} \times K_{\text{в}} \times K_{\text{ин}} \times \sum_{i=1}^n H_i \times M_i \times K_{\text{из}} \quad (5.5)$$

где: Y – размер вреда, тыс. руб.;

$K_{\text{вг}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года (в соответствии с [65] принимается $K_{\text{вг}} = 1,15$);

$K_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий состояние водных объектов (в соответствии с [4] принимается $K_{\text{в}} = 1,22$);

$K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития (в соответствии с [65] $K_{\text{ин}} = 1$);

H_i – такса для исчисления размера вреда от сброса i -го загрязняющего вещества в водный объект в соответствии с [65] равна:

$$\text{по } \text{NH}_4^+ = 280 \text{ тыс. руб./т};$$

$$\text{по } \text{Fe}_{\text{общ}} = 170 \text{ тыс. руб./т};$$

$$\text{по } \text{Mn}^{2+} = 4350 \text{ тыс. руб./т};$$

$K_{\text{из}}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект, в соответствии с [65] равен:

$$\text{по } \text{NH}_4^+ = 1;$$

$$\text{по } \text{Fe}_{\text{общ}} = 2;$$

$$\text{по } \text{Mn}^{2+} = 2;$$

Исходя из данных представленных выше размер вреда по сброшенным загрязняющим веществам составляет:

$$Y_{\text{NH}_4^-} = 1,15 \times 1,22 \times 1 \times 280 \times 0,0039 \times 1 = 1,532 \text{ тыс. руб.};$$

$$Y_{\text{Feобщ}} = 1,15 \times 1,22 \times 1 \times 170 \times 0,0255 \times 1 = 6,082 \text{ тыс. руб.};$$

$$Y_{\text{Mn}^{2+}} = 1,15 \times 1,22 \times 1 \times 4350 \times 0,0115 \times 1 = 70,185 \text{ тыс. руб.}$$

Общий размер вреда, нанесенный водному объекту (р. Кисловка) за зимний период 2009 года составляет:

$$Y = 1,532 + 6,082 + 70,185 = 77,8 \text{ тыс. руб.}$$

5.4 Заключение

В данном разделе рассмотрен химический состав сточных вод сбрасываемых в р. Кисловка, выявлены химические элементы показания содержания которых превышают ПДК(р-х), а так же рассчитан ущерб причиненный водному объекту.

Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы:

- Состояние вод р. Кисловка неудовлетворительное, так как содержание химических элементов таких как NH_4^+ , Cu^{2+} , Feобщ, Mn^{2+} не соответствует установленным предельно допустимым значениям;

- Масса сброшенных загрязняющих веществ в составе сточных вод составляет:

$$M_{\text{NH}_4^-} = 0,0039 \text{ т};$$

$$M_{\text{Feобщ}} = 0,0255 \text{ т};$$

$$M_{\text{Mn}^{2+}} = 0,0115 \text{ т.}$$

- Общий размер вреда, нанесенный водному объекту (р. Кисловка) за зимний период 2009 года составляет:

$$Y = 1,532 + 6,082 + 70,185 = 77,8 \text{ тыс. руб.}$$

**Анализ эколого- экономической и технологической эффективности водопользования
в зоне влияния Томского подземного водозабора**

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ41	Сельскому Владимиру Вадимовичу

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Анализ эколого- экономической и технологической эффективности водопользования в зоне влияния Томского подземного водозабора
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	1.1. Вредные факторы на рабочем месте и мероприятия по их устранению; 1.2. Опасные факторы на рабочем месте.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу 	2. Влияние на окружающую среду.

(сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при моделировании подземного водозабора.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Асс. каф. ЭБЖ	Немцова О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Сельский Владимир Вадимович		

6 Социальная ответственность

6.1 Введение

В данном разделе магистерской диссертации освещаются основные вопросы техники безопасности и экологии труда оператора ЭВМ, работающего в аудитории №513 20-го учебного корпуса ТПУ. Рассматриваются факторы, которые в какой либо степени могут влиять на здоровье и работоспособность.

Лабораторные (камеральные) работы по анализу эколого-экономической и технологической эффективности водопользования в зоне влияния Томского подземного водозабора сопряжены со следующими видами вредных факторов для здоровья сотрудников[66]:

К вредным факторам относятся:

- Отклонение параметров микроклимата в помещении;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- Повышенный уровень шума;
- Опасность повышенного уровня электромагнитного и ионизирующего излучения от ЭВМ;

Опасными факторами являются:

- Опасность поражения электрическим током;
- Опасность возникновения пожара;

6.2 Анализ вредных факторов

Вредный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

6.2.1 Микроклимат

Микроклимат помещения - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха[67].

Жизнедеятельность человека сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду. Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду. Нарушение теплового баланса может привести к перегреву либо к переохлаждению организма и, как следствие, к потере трудоспособности, быстрой утомляемости, потере сознания и тепловой смерти.

Оценка микроклимата проводится на основе измерений его параметров (температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение) на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами согласно СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений разработаны с учетом интенсивности энерготрат работающих, времени выполнения работы, периодов года.

В основе защиты работника от воздействия неблагоприятных параметров микроклимата положены следующие принципы:

1. Организационно-профилактические мероприятия;
2. Архитектурно-планировочные решения.

Первая группа включает в себя следующие мероприятия:

- установка систем общего и местного кондиционирования;
- воздушное душирование;
- компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого;
- обеспечить работников средствами индивидуальной защиты;
- регламентация времени работы (перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и т. д.);
- выдача подсоленной газированной воды и спецпитания.

Вторая группа подразумевает следующие решения:

- оборудование специальных теплых помещений для отдыха и обогрева;
- при работе в нагревающем микроклимате оборудование душевых комнат;
- планировка помещений, расстановка оборудования, обеспечивающая свободный доступ свежего воздуха ко всем участкам рабочего места;
- исключение расположения горячего оборудования рядом с участками, где проводятся холодные работы;
- надежная теплоизоляция перекрытия верхнего этажа от солнечной радиации;
- экранирование рабочих мест от источников нагрева;
- механизация и автоматизация технологических процессов, введение новых технологий, замена машин и механизмов.

Применение данных мероприятий позволит снизить воздействие неблагоприятных параметров микроклимата на работника и, соответственно, повысить его работоспособность.

Микроклимат рабочих помещений во многом зависит от характера производственных процессов, условий воздухообмена и др.

В лаборатории осуществляется естественная вентиляция с кратностью обмена воздуха за час от 0,5 до 0,7 зимой и от 1 до 2 летом.

Площадь помещения составляет 12 м². В помещении постоянно находятся 2 человека, на каждого работающего приходится 6 м² пола, 19,2 м³ воздуха, при норме 4,5 м² и 15 м³ соответственно.

Температура в помещении поддерживается за счет водяного отопления.

Согласно СП 2.2.1.1312-03 аудитория № 513 20-го учебного корпуса ТПУ относится к помещению без повышенного тепловыделения, а по категории работ к легким, поэтому температура и относительная влажность должны быть [68,69]:

в летний период $t = 22 - 25^{\circ}C$, $\phi = 30 - 60\%$;

в зимний и переходные периоды $t = 16 - 22^{\circ}C$, $\phi = 30 - 60\%$

6.2.2 Освещенность рабочей зоны

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Существует три вида освещения - естественное, искусственное и совмещенное (естественное и искусственное вместе) [70].

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. Рабочее освещение, в свою очередь, может быть общим или комбинированным. Общее - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования. Комбинированное - освещение, при котором к общему добавляется местное освещение.

Согласно СНиП 23-05-95 в помещениях вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности освещенность при системе общего освещения должна составлять 300лк, а при

системе комбинированного освещения - 750лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300лк соответственно.

Кроме того все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

6.2.3 Повышенный уровень шума в помещении

Шум является одним из распространенных в производстве вредных факторов. По происхождению шум делят на механический, аэродинамический (гидродинамический). Для рабочих мест в вычислительных центрах характерно наличие всех видов шумов. Источниками шума в помещении при камеральной обработке данных являются работающие ЭВМ, принтеры для печати, проезжающий по улице транспорт.

При длительном воздействии на организм человека шум вызывает:

- снижение остроты слуха и зрения;
- повышение кровяного давления;
- снижение быстроты реакции;
- снижение внимания.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены СН 2.2.4/2.1.8.562-96. В соответствии с этими нормативными документами установлен допустимый уровень шума, равный 50 дБА.

Для снижения уровня шума в помещениях применяются менее шумные агрегаты, архитектурно- строительные решения;

1. Это устройство подвесного потолка, который служит звукопоглощающим экраном;

2 Использование звукопоглощающих материалов с максимальной коэффициент звукопоглощением в области частот 63-8000Гц для отделки помещений;

3. Умещение площади стеклянных ограждений и окон для защиты от транспортного шума;

4. Установка особо шумящих устройств на упругие прокладки;

5. Применение на рабочих местах звукогоящих экранов;

6. использование однотонных занавесей из плотной ткани, подвешенных в складку на расстоянии 15-20 от ограждения. Ширина занавесей должна быть в два раза ширины окна. Уровень вибрации в помещении может быть снижен путем установки оборудования на специальные фундаменты и виброизоляторы.

6.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения от ЭВМ.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у человека отмечается значительное напряжение зрительного аппарата с проявлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Таблица 6.2.1 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ [71]

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2.5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Согласно спецификации производителя – фирмы СТХ, монитор которой используются в составе ЭВМ в аудитории № 513, модель монитора Ultra Screen с электронно-лучевой трубкой соответствует стандарту ТСО – 92 Шведского государственного департамента охраны труда. Этот стандарт предусматривает нормирование не только мягкого рентгеновского излучения, но и всех видов электромагнитного излучения мониторов для видов работ связанных с постоянной работой за компьютером. В настоящее время стандарт ТСО-92

признан самым строгим стандартом в мире нормирующим вредные факторы при работе с ЭВМ.

6.3 Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды

В результате проведения камеральных работ человек подвергается воздействию различных опасностей, под которыми обычно понимают явления, процессы, объекты способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, т.е. вызывать нежелательные последствия.

6.3.1 Электробезопасность

Электропитание аудитории № 513 20-го учебного корпуса ТПУ осуществляется от силового распределительного щита однофазного переменного тока с действующим значением напряжения 220 В. Таким образом, в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), все электроприборы, используемые в аудитории, относятся к низковольтным с напряжением питания до 1000 В. Все электроприемники относятся к электроприемникам III категории. Аудитория, согласно классификации ПУЭ, является сухим помещением без повышенной опасности.

Электробезопасность в аудитории должна обеспечиваться следующими мероприятиями:

- для защиты от напряжения прикосновения все токоведущие части должны быть изолированы; запрещается использовать кабели и провода с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией; неизолированные токоведущие части должны быть оборудованы защитными ограждениями или расположены в недоступном для прикосновения месте; запрещается пользоваться поврежденными розетками, распределительными коробками, рубильниками и другими электроустановочными приборами; устройство и эксплуатация временных электросетей не допускается;

- для защиты от поражения электрическим током путем возникновения потенциала на проводящих корпусах электроприборов

необходимо наличие защитного заземления; согласно ПУЭ сопротивление заземляющего устройства в любое время года должно быть не более 4 Ом, при этом сечение заземляющей жилы должно быть не менее 4 мм² для медных проводников, не менее 6 мм² – для алюминиевых и не менее 20 мм² – для стальных;

- для защиты от токов короткого замыкания необходимо наличие быстродействующих устройств защиты; электрическая сеть должна иметь защиту от токов короткого замыкания, обеспечивающую по возможности наименьшее время отключения и требования селективности; в качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители.

- для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация обслуживания аудитории, проведение ремонтных, монтажных и профилактических работ.

Ремонт, разборку и сборку, наладку электротехнологического оборудования может выполнять только подготовленный персонал, имеющий необходимую для данных работ группу допуска по электробезопасности.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;
- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

При возгорании, возникновении пожара, необходимо отключить электроприбор от электросети (если это сделать невозможно, то необходимо отключить питающую сеть автоматическим или пакетным выключателем, или рубильником на лабораторном или силовом щите), вызвать пожарную команду и приступить к тушению пожара имеющими средствами пожаротушения. Следует помнить, что для тушения пожара на установках, находящихся под напряжением, можно пользоваться только углекислотным или порошковыми огнетушителями. При сильном возгорании, пожаре необходимо срочно вызвать электрика и обесточить помещение, после чего для тушения пожара можно использовать пенные огнетушители и воду [72].

6.3.2 Пожароопасность

В соответствии с правилами определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, регламентируемые НПБ 105 – 03, аудитория № 513 20-го учебного корпуса ТПУ относится к категории В, так как в помещении присутствуют твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы [73]. К горючим материалам относятся шкафы, столы, стулья и документация.

Возникновение пожара обусловлено следующими причинами:

- игнорирование основных правил пожарной безопасности;
- неисправность электрической проводки;
- неосторожное обращение с огнем;
- возгорание электроприборов;
- неосторожное использование нагревательных приборов.

Для предотвращения пожара принимаются следующие меры:

- из лаборатории необходимо удалить неиспользуемые нагревательные приборы;
- корпуса рубильников и розеток разместить на негорючих основах;

- нагревательные приборы расположить на асбестовых ковриках и прокладках;
- работы с легко воспламеняющимися веществами должны проводиться вне лаборатории;
- курение в лаборатории строго запрещено.

В соответствии с требованиями пожарной безопасности разрабатывается план эвакуации, эвакуационная карта и инструкция «О порядке проведения эвакуации людей и оборудования в случае пожара».

Аудитория должна быть оборудована средствами пожаротушения, которыми в данном случае являются углекислотные огнетушители типа ОУ [74].

6.4 Влияние на окружающую среду

Согласно ст. 11 «Права и обязанности граждан в области охраны окружающей среды» Федерального закона Российской Федерации от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду; на ее защиту от негативного воздействия, вызванного хозяйственной и иной деятельностью, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера; на достоверную информацию о состоянии окружающей среды и на возмещение вреда окружающей среде.

В Томской области, как и во многих других северных регионах страны, в качестве источников для получения питьевой воды зачастую используются подземные воды с высоким содержанием природного загрязнителя - железа [75]. При подготовке такой воды с целью доведения ее качества до нормативных требований [76] перед подачей населению на водозаборных сооружениях образуется большое количество железосодержащих отходов (ЖСО) в виде шламов промывных вод фильтров. Эти отходы - суспензия шлама (в основном, оксигидроксида железа - гётита (α -FeOOH). Как коллоидная система, она трудно поддается обезвоживанию, что обуславливает затруднения в ее дальнейшей утилизации в качестве техногенного сырья. Обычно ЖСО либо

складируются на иловых площадках, занимая большие площади земель, изъятых из природных экосистем, либо подлежат захоронению. Отметим, что сам термин «иловые площадки», изначально предназначенный для обозначения природно-технических систем, служащих для обезвоживания и обезвреживания в естественных условиях сброженного в метантенках осадка, не вполне соответствует такому отходу промывных сточных вод, как ЖСО. Фиксируются случаи, когда, в нарушение природоохранного законодательства и технических регламентов, сброс неочищенных промывных вод осуществляется прямо на рельеф или в водные объекты. Это объясняется тем, что сумма штрафов на нарушение природоохранного законодательства значительно меньше затрат, требуемых для экологизации производственной схемы и кардинального решения проблемы утилизации (в правильном понимании этого термина, то есть использования) ЖСО.

Природосообразные ресурсосберегающие инновационные технологии открывают перспективу для использования железосодержащих отходов водоподготовки в качестве сырья в черной металлургии, для получения жаростойких композиций, химических реагентов [77].

Данные о химическом составе ЖСО, образующихся на большинстве сооружений водоподготовки Томской области [77] и проведенные дополнительные исследования позволяют утверждать, что осадки могут быть переработаны с получением пигментов, наполнителей или других материалов, пригодных для получения широкого спектра строительных материалов и изделий [78]. В то же время, проблема использования ЖСО многие годы не решается.

6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайных ситуаций на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

В камеральных условиях ЧС – возникновение пожара, обрушение здания, паводок.

Пожар. Причиной возникновения пожара могут стать: неисправность оборудования, электропроводки, несоблюдение норм и правил пожарной безопасности, молнии.

Необходимо исключать возможность возникновения пожара: проверять целостность изоляционных покрытий электрических проводов, использовать открытый огонь и курить в специально отведенных для этого местах. а также курить только в специально отведенных местах.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 тушение пожаров предусматривает использование средств и снаряжения пожаротушения. Аудитория должна быть оборудована средствами пожаротушения, которыми в данном случае являются углекислотные огнетушители типа ОУ.

Обрушение здания. Причиной полного или частичного обрушения зданий являются ошибки при проектировании здания, землетрясение, взрыв в результате теракта.

Необходимо иметь в доступном месте укомплектованную медицинскую аптечку. Ядохимикаты, легковоспламеняющиеся жидкости и другие опасные вещества рекомендуется держать в надежном, хорошо изолированном месте. Не допускать нахождения в квартире без надобности газовых баллонов. Не загромождать коридоры здания, лестничные площадки, аварийные и пожарные выходы посторонними предметами.

6.6 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Охрана труда и техника безопасности в России это – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (статья №1 Федерального закона «Об основах охраны труда в Российской Федерации», 17.07.1999 г. №181-ФЗ), образующие механизм реализации конституционного права граждан на труд (ст. 37 Конституции РФ) в

условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены. (Это право закреплено также в ст. 7 международного пакта об экономических, социальных и культурных правах).

Конституция Российской Федерации 37 статьей гарантирует свободу труда, а также право на труд, в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены. Из пункта 5 указанной статьи следует, что «каждый имеет право на отдых». Таким образом, понятие охраны труда своим первоисточником имеет Конституцию Российской Федерации.

Федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере труда, является Федеральная служба по труду и занятости Министерства здравоохранения и социального развития Правительства Российской Федерации.

Федеральная служба по труду и занятости руководствуется в своей деятельности Конституцией Российской Федерации, федеральными конституционными законами, федеральными законами, указами Президента Российской Федерации и актами Правительства Российской Федерации, международными договорами Российской Федерации, нормативными правовыми актами Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, а также Трудовым кодексом Российской Федерации.

Основными задачами трудового законодательства являются создание необходимых правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, согласно ст. 212 ТК РФ, возлагаются на работодателя. Последний, руководствуясь указанной статьей, обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов. Кроме того, работодатель обязан

обеспечить, соответствующие требованиям охраны труда, условия труда на каждом рабочем месте; режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством, и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права. Работодатель обязан информировать работников об условиях охраны труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья и полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты.

Помимо обеспечения безопасных условий труда гражданина, законодательство налагает ответственность на каждого за состояние окружающей природной среды. Так Конституция Российской Федерации статьей 58 обязывает каждого «сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам».

Во исполнение указанных положений, а также положений других нормативных документов в области охраны труда и окружающей природной среды (№52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения») соответствующими ведомствами, были разработаны требования, инструкции, нормы и стандарты, согласно которым необходимо обеспечивать требования законодательства в указанной области [79, 72].

Заключение

При формировании осадка обезжелезивания подземных вод Томского месторождения в результате водоподготовки образуется сметаноподобный осадок, представляющий основную проблему в плане улавливания и утилизации.

Данный осадок образуется в результате протекания физических, биологических и химических процессов в виде порошка после высушивания. Железо, марганец и кальций составляют катионную основу осадка, карбонаты – анионную. Маленький размер частиц осадка приводит к значительному уменьшению скорости осаждения частиц и увеличению времени их осаждения, предусмотренного СНиП.

Исходя из этого напрашивается вывод, что оборудование работает технологически неэффективно, так как существует необходимость усовершенствования его производительности.

Схема утилизации данного осадка в настоящий момент предусматривает только захоронение и сброс в р.Кисловка, что в свою очередь наносит экологический ущерб окружающей среде. По данным представленных выше количество сточных вод за 2009 г. сбрасываемых в р. Кисловка составляет 25024,4 м³ и приблизительно 600 тонн осадка в год. За сброс сточных вод в зимний период 2009 года возмещался ущерб в размере 78 тыс.р. из-за высокого содержания таких химических элементов как NH_4^- , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, Mn^{2+} , так как их содержание в сточных водах превышало предельно-допустимые нормы.

Исходя из количества сбрасываемых сточных вод и количества осадка следует отметить, что на данный момент экономические и технологические проблемы преобладают над экологическими. Проще платить штраф за причиненный ущерб природной среде, так как усовершенствование технологий водоочистки и решение правильной утилизации осадка водоподготовки требует значительных затрат.

Экономическую составляющую в свою очередь можно повысить следующим способом. Осадок водоподготовки является достаточно ценным

сырьем. С усовершенствованием технологий появилась возможность данный осадок использовать в различных видах строительства перечисленных с 3 главе. Производя из осадка водоподготовки строительные материалы значительно снизится загрязнение окружающей среды, что особо важно в наше время, плата за сброс понизится и ко всему этому появится возможность получать прибыль благодаря данному осадку.

Благодаря дополнительному доходу в свою очередь появится возможность обеспечить высокую технологическую эффективность работы водозабора, что безусловно повысит качество воды, а тем самым и социальную составляющую.

Список используемой литературы:

1. Геологическое строение окрестностей г.Томска (территории прохождения геологической практики): учебное пособие / С.С. Гудымович, И.В. Рычкова, Э.Д. Рябчикова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 84 с.
2. <http://aisori.meteo.ru>
3. <http://stroydocs.com>
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Кузбасская. Лист О-45-XXXII (Тайга). Объяснительная записка. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. 207 с. (Минприроды России, Роснедра, Управление по недропользованию по Томской области, Филиал ОАО «Томскнефтегазгеология» ВНК Томской геологоразведочной экспедиции, Томский политехнический университет).
5. Коробкин В.А., Попов В.К. и др. Применение денежной оценки водных ресурсов при разработке стратегии водопользования на муниципальном уровне на примере Обь-Томского междуречья: Отчет о НИР/ ИПЖКХ – Томск, 2000. – 34 с.
6. Коробкин В.А. и др. Анализ и оценка влияния захоронения ЖРО на полигонах СХК на эксплуатацию подземных вод водозаборов гг. Томска и Северска: Отчет о НИР (заключ.)/ИПЖКХ – Томск, 2000. – 170 с.
7. Томское месторождение подземных вод: Отчет Обь-Томской и Таганской партии за 1966-1974 гг. Герасимов В., Мокренко В.Д. и др. / Фонды ГГП «Томскнефтегазгеология» – Инв. №01845. – Томск, 1974. – 109 с.
8. Гидрогеологические, инженерно-геологические условия и районирование центральной части Обь-Томского междуречья листов О-45-121-Г, 122-В, 122-Г, 133-Б, 134-А, 134-Б для целей мелиоративного строительства. Коробкин В.А., Шинкаренко О.Ф. и др. // Отчет Ры-

- баловской партии по комплексной съемке масштаба 1:50000 за 1978–1983 гг./ Фонды ГПП «Томскнефтегазгеология» – Инв. № 2823. – Томск, 1983. – 210 с.
9. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 35 с.
 10. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К. Попов, О.Д. Лукашевич, В.А. Коробкин, В.В. Золотарева, Ю.Ю. Галямов. Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2003. – 174 с.
 11. Розин А.А. Подземные воды Западно-Сибирского бассейна и их формирование. – Новосибирск: Наука, 1977. – 101 с.
 12. Карлсон В.Л. и др. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия листа 0-45-XXX: Отчет Нелюбинской партии по работам за 1973 - 75гг./ фонды ГПП "Томскнефтегазгеология", Инв.№ 1892. - Томск, 1975. – 180 с.
 13. Коробкин В.А., Афонин В.А. Режим и формирование состава подземных вод Обь-Томского междуречья. - М., 1984. - 10 с. - Деп. в ВИНТИ 22.05.84, № 3261.
 14. Галанский В.М., Лещенко Н.Г. Результаты аэрогеофизической съемки масштаба 1:50000 на Томской площади: Отчет центральной экспедиции №56 / ГПП "Березовгеология". – Томск, 1991. - 30 с.
 15. Иванов К.В., Казанский Ю.П. Материалы по изучению коры выветривания Томского района. //Вестник Западно-Сибирского и Новосибирского геологического управления, 1995. – № 3. – 87 с.
 16. Коробкин В.А. и др. Гидрогеологические, инженерно-геологические условия и районирование центральной части Обь-Томского междуречья листов 0-45-121-Г, 122-В, 122-1, 133-Б, 134-А, 134-Б для целей мелиоративного строительства: Отчет Рыболовской партии по комплексной съемке масштаба 1: 50000

- за 1978 – 83 гг./ фонды ГПП "Томскнефтегазгеология", Инв. № 2823. - Томск, 1983. – 210 с.
17. Lgotin V & Makushin Y. Groundwater monitoring to assess the influence of injection of liquid radioactive waste on the Tomsk public groundwater supply. – Geological Society. London. Special Publications, 1998. - № 128. - P. 255-264.
 18. Коробкин В.А. Режим, формирование и использование подземных вод Обь-Томского междуречья: Дис... канд. геол-минер. наук. - Томск, 1985. - 195 с.
 19. Афонин В.А., Филиппова Т.М. Ежегодник Томской режимной гидрогеологической партии по работам 1982 года. Отчет. Инв. № 2962. -Томск, фонды ГПП "Томскнефтегазгеология", 1986. - 150 с.
 20. Попов В.К., Коробкин В.А. Проведение работ по созданию мониторинга природных вод Обь-Томского междуречья - как основа оптимизации режима эксплуатации подземных источников Томским водозабором: Отчет о НИР (заключ.)/ ИПЖКХ. Томск, 1992. - 345 с.
 21. Земскова И.М., Смоленцева Ю.К. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна. - М.: Недра, 1991. - 258 с.
 22. Коробкин В.А. Режим, формирование и использование подземных вод Обь-Томского междуречья: Дис... канд. геол-минер. наук. - Томск, 1985. - 195 с.
 23. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. – М.: Медицина, 1985. – 150 с.
 24. ГН 2.1.5.558-96 ПДК и ОДУ вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М.: Стройиздат, 1996. – 60 с.

25. Крайнов С.Р., Соломин Г.А., Окислительно-восстановительные условия трансформации соединений азота в подземных водах // Геохимия. - 1991. - № 6. – С. 822-831.
26. Питьева К.Е. Гидрогеохимические аспекты охраны геологической среды. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
27. Крайнов С.Р., Фойгт Г.Ю., Закутин В.П. Геохимические и экологические последствия изменений химического состава подземных вод под влиянием загрязняющих веществ // Геохимия. - 1991. - № 2. – С. 169 -175.
28. Крайнов С.Р., Закутин В.П., Соломин Г.А, Соединения азота в подземных водах хозяйственно-питьевого назначения. - М.: ВНИИЭМС, 1989. – 66 с.
29. Льготин В.А. и др. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Томской области за 1997 г. - Томск, ТЦ Томскгеомониторинг, 1998.- 126 с.
30. Экологический мониторинг. Состояние окружающей природной среды Томской области в 1998 году. Государственный комитет по охране окружающей среды Томской области. – Томск, 1999. – 231 с.
31. Рассказов Н.Н., Туров Ю.П. Качество воды реки Томи в связи с прогнозом работы подземных водозаборов. // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по подземным водам Востока СССР. - Томск, 1991. – 186 с.
32. Попов В.К., Коробкин В.А. Проведение работ по созданию мониторинга природных вод Обь-Томского междуречья: Отчет о НИР (промеж.)/ ИПЖКХ. Томск, - 1993. - 261 с.
33. Муратов М.И., Коваленко Н.В. Переоценка запасов Томского месторождения подземных вод по материалам наблюдений за режимом эксплуатации первой очереди Томского водозабора в 1973-1983 гг. - Томск, ПГО "Томскнефтегазгеология", № 3016, 1983. - 196 с.

34. Веригин Н.Н., Васильев С.В. Расчет фильтрационных потерь из рыбохозяйственных водоемов. - М., 1987. - 144 с.
35. Бочевер Ф.М., Шестаков В.М. Основы гидрогеологических расчетов. - М.: Недра, 1969. - 168 с.
36. Лисецкий В.Н., Брюханцев В.Н., Андрейченко А.А. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164 с.: ил.
37. Лисецкий В.Н., Андрейченко А.А., Лисецкая Т.А. Образование и улавливание твердого осадка при очистке воды на станции обезжелезивания Томского водозабора // ЖКХ. – 2003. - №2. – С. 61 – 63.
38. Кульский Л.А. Теоретическое обоснование технологии очистки воды. – Киев: Наукова думка. 1968.
39. Руденко Г.Г. Удаление примесей из природных вод на водопроводных станциях. – Киев: Наукова думка. 1976.
40. Такаи Т., Симада К. Закисное железо в окрашенных подземных водах и его удаление // Суйодо кекай дзаси. – 1977. - №435.
41. Weber W.J. Physicochemical processes for water quality control. Wiley Interscience. – New-York – London – Sidney – Toronto, 1972.
42. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971.
43. Бабеков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977.
44. Кургаев Е.Ф. Осветлители вод. – М.: Стройиздат, 1977.
45. Разработка технологии получения химических реактивов из отходов станции обезжелезивания Томского водозабора. Отчет о научно-исследовательской работе по х/д 5-54/96. – Томск: ТПУ, 1997.
46. Лисецкий В.Н., Лисецкая Т.А., Ларин С.Л. Комплексная переработка гетита // Тезисы докл. I научно-практич. конф. «Сибресурс-95»: Сб. докладов. – Кемерово, 1994. – С. 59 – 61.

47. Заявка на патент №93-007681/10, Россия, «Способ получения γ -оксида железа для магнитной записи» / Лисецкий В.Н., Лисецкая Т.А. – приоритет от 08.02.93 г.
48. Ориентировочное технико-экономическое обоснование переработки гетита в порошок ПМТ./Р-00000-0.0-00-0207-ТЭО. – Томск, АОЗТ «Пластполимер», 1995.
49. Дзюбо В.В., Саркисов Ю.С. Технология получения сурикоподобного пигмента и краски на его основе. – И.л. № 50-97 Сер.: Р61.65.31. – Томск: ТМТЦНТИП.
50. Разработка получения искусственных камней от отходов станции обезжелезивания: Отчет о научно-исследовательской работе по х/д 5-55/97. – Томск: ТПУ, 1998.
51. Физикохимия ультрадисперсных систем / Под ред. Акад. И.В. Тананаева. – М.: Наука, 1987.
52. Применение ультрадисперсных материалов в практике. Перспективы // Материалы IV Всероссийской (Международной) конференции «Физико-химия УД (нано-)-систем». 19 – 23 авг. 2002 г., Томск, Россия. – М., 2002 г.
53. Ергешев Р.Б., Родионова А.А., Горецкая Е.И. Сухие смеси с использованием минеральных отходов Казахстана // Строительные материалы. – 2001. - № 11. – С. 9 -11.
54. Coase R. The problem of social cost. // Journal of Law and Economics. – 1960. – 3 с.
55. Panayotiv T. Green markets. – San Francisco, 1993.
56. Squike L., Van der Tack H. Economic analysis of projects. – Baltimore; London, 1988.
57. Хейне П. Экономический образ мышления. – М.: Дело, 1992.
58. Сборник нормативно-методических документов для введения платы за пользование водными объектами (рекомендации для

введения платного водопользования до утверждения основ водного законодательства). М., 1992. – 60 с.

59. Рекомендации по денежной оценке ресурсов и объектов окружающей среды: адаптация к условиям России методов эколого-экономического учета ООН. Методическое пособие. Госкомэкология России. – Ярославль: НПП «Кадастр», 2000. – 76 с.
60. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. – 111 с.
61. Бабина Ю.В., Островский Г.М., Управление водными ресурсами России. — М. : АМА-ПРЕСС, 2008 г. — 288 с.
62. Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии: материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Томского политехнического университета / под ред. С.Л. Шварцева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2011. – 720 с.: ил.
63. Савичев О.Г., Кузеванов К.И., Хващевская А.А. Янковский В.В. Методы расчета допустимых сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты суши. Часть 1. – Томск. Изд-во ТПУ, 2008. – 99 с.
64. СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».
65. Приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87 "Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства".
66. ГОСТ 12.0.003-74*. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

67. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
68. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.
69. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
70. Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Под ред. Г.Б. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976.
71. СанПиН 2.2.2./2.4. 1340-03.
72. Трудовой кодекс РФ. Официальный текст. – М.: Бином, 2002. – 207 с.
73. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
74. Бартов Н.К. Пожарная безопасность. – М.: Энергия, 1983. – 254 с.
75. Попов, В. К. Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья / В. К. Попов, В. А. Коробкин, О. Д. Лукашевич и др. - Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2002. - 143 с.
76. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. - М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. - 103 с.
77. Лисецкий, В. Н. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска / В. Н. Лисецкий, В. Н. Брюханцев, А. А. Андрейченко. - Томск : Изд-во НТЛ, 2003. - 164 с
78. Лотов, В. А. Утилизация железистых шламов водоочистки в технологии строительных материалов / В. А. Лотов,

О. Д. Лукашевич, Н. Т. Усова. - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. - 140 с.

79. Конституция РФ. – М.: Юридическая литература, 1993. – 64 с.
80. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
81. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
82. СНиП 23-05-95.

Список научных публикаций:

1. Сельский, В. В.

Инженерные исследования донных отложений рек Ушайка и Басандайка в связи с оценкой природообустройства на водосборных территориях [Электронный ресурс] / В. В. Сельский; науч. рук. В. К. Попов // Творчество юных - шаг в успешное будущее : материалы VII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, г. Томск, 10-14 ноября 2014 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. А. Ю. Дмитриева . — Томск; : Изд-во ТПУ , 2015 . — [С. 110-111] .

Приложение А

Integrated and Probabilistic Risk Analysis of Drinking Water Systems

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ41	Сельский Владимир Вадимович		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матвеев И. А.	д. фил. н.		

Томск – 2016 г.

Drinking water and risk

This chapter provides an introduction to drinking water systems and presents possible risks and existing approaches to managing risks to drinking water systems. There is also a presentation of the reasons for managing risks to drinking water systems and measures for expressing risk.

Drinking water systems

The structure and function of drinking water systems varies depending on, for example, natural conditions, water demand and available economic resources. Although differences exist, drinking water systems are commonly described as supply chains built up by three main sub-systems: raw water, treatment and distribution. Together these sub-systems cover the entire supply chain, from the raw water source through the treatment plant and distribution network to the consumers' taps.

Raw water sources can be groundwater, surface water or a combination of these (HDR Engineering, 2001). When natural groundwater resources are limited, artificial recharge is sometimes used in order to produce water similar to natural groundwater (see e.g. Fetter, 2001). In areas where water resources are scarce, treated wastewater may be reclaimed by groundwater recharge or used directly to produce drinking water. The European Commission is funding an ongoing research project named Reclaim Water (contract no. 018309), focused on reclamation technologies for safe artificial groundwater recharge.

The main difference between groundwater and surface water in drinking water production is in general the quality; groundwater often requires less treatment than surface water (Gray, 2005). Since clean raw water does not need the same degree of treatment as water of poor quality, it is often the case that fewer treatment steps are required when using groundwater compared to surface water.

According to Gray (2005) the objective of water treatment is to produce an adequate and continuous supply of water that is chemically, bacteriologically and aesthetically acceptable. However, the water should be completely safe microbiologically and not just bacteriologically. In addition to pathogenic bacteria

viruses, protozoa and other biological contaminants also pose a severe risk to human health related to drinking water. In order to supply consumers with drinking water that fulfils these requirements, a series of treatment steps needs to be designed and used based on the raw water quality and water demand.

To distribute water from the treatment plant to the consumers an extensive network of pipes is required. This network also includes pumps and service reservoirs needed to manage variations in water demand and to ensure adequate hydraulic pressure in the service areas.

Although the basic principles are similar for all drinking water systems, the detailed construction varies depending on local conditions. Figure 3.1 shows a flowchart including common components of a drinking water system and the connection between these components. Different water sources as well as different treatment and distribution alternatives are illustrated in the flowchart. Although the flowchart does not include all possible components it does illustrate a generic structure.

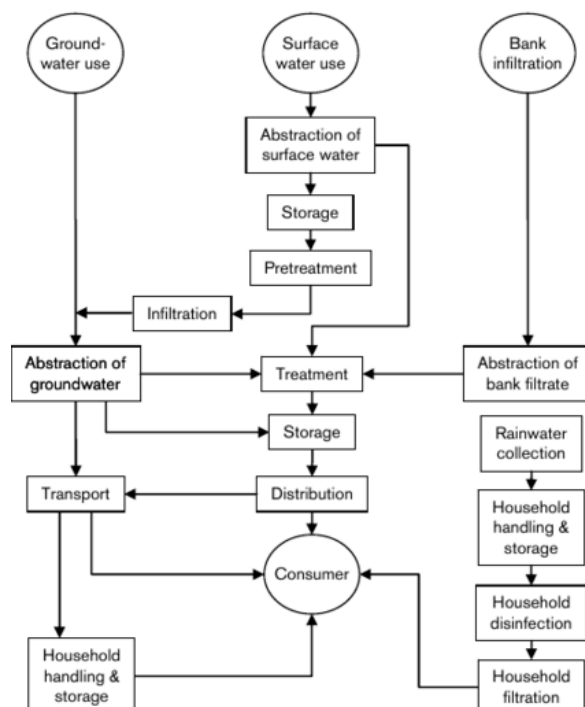


Figure 1 - Flowchart illustrating different main components of drinking water systems and their interconnections (Davison et al., 2005).

Risks to drinking water systems

As described in Section 3.1 a drinking water system is composed of a large number of components. All components may be affected by different events and consequently a large number of events may occur with potential harm to the supply of drinking water (Beuken et al., 2007; Nadebaum et al., 2004; Olofsson et al., 2001). Hence, these possible hazardous events pose a risk to the water utility and in the end to the public at large.

Hazards categories

The risk sources, i.e. hazards, can be categorised and structured in many ways. The objectives of water treatment presented by Gray (2005) can be categorised as quantity- or quality-related (Section 3.1). The quantity objective corresponds to a continuous, i.e. reliable, supply of water and the quality objective reflects the requirement that the water should be qualitatively acceptable. Based on these objectives hazards can also be categorised as quantity- or quality-related, depending on which objective a specific hazard may threaten. Quantity-related hazards may cause water shortage while quality-related hazards may cause unacceptable water quality. Interruption in the delivery of drinking water to the consumers may, for example, occur due to pipe breakage, pump failure, power failure or limited access to raw water. Events causing unacceptable water quality may, for example, be accidents with hazardous goods contaminating the source water, failing treatment processes or intrusion in the distribution system of contaminated water from the surrounding soil profile. The WHO (2004) emphasises that the most common and widespread health risk associated with drinking water is related to microbial contamination, primarily ingestion of water contaminated with human or animal faeces. Events may of course affect both the quantity and quality of water. Contamination of a water source, for example,

obviously affects the water quality but in the end water shortage may arise due to the fact that no alternative water source exists.

The hazard categories described above are mainly focused on the effects the consumers may experience. If additional factors are included several other categories may be formulated. Pollard et al. (2004) describe the following six categories of risk important to the drinking water sector:

1. Financial risk – Associated with the financial operation and management of the business, both internal and external.
2. Commercial risk – Arising from competition and a demanding public.
3. Public health risk – Source contamination, human error and mechanical failure are some examples of how the water may be contaminated and pose a risk to public health.
4. Environmental risk – Environmental impact may arise as a consequence of equipment failure or human error, e.g. discharge of polluted water.
5. Reputation risk – Losing the confidence of the consumers.
6. Compliance/legal risk – Associated with failing to comply with legislation and uncertainties regarding future legislation.

Ezell et al. (2000) describe the communities' drinking water supplies as one key element of a nation's infrastructure and point out the following as factors posing a risk to such infrastructure: growing consumption by expanding populations; industrial and public pollution; tragedies caused by both natural and human accidents; and emergence of threats by domestic terrorists, disgruntled employees and computer hackers. To support water utilities when identifying hazards, checklists including hazardous events are provided by e.g. Beuken et al. (2007) and Nadebaum et al. (2004). The catalogue of hazards provided by Beuken et al. (2007) is based on existing national checklists and databases and lists events that may harm the supply of safe drinking water. The events that may affect the water quality negatively are associated with biological, chemical, radiological or physical agents. Events related to the availability of water, safety of personnel and external harm to third parties are also included.

Future hazards

An important part of risk management is to learn from earlier events, both accidents that have occurred and near-accidents. As has already been pointed out, risk management is based on a proactive approach and consequently non- occurred events also need to be identified. Some of these events may be seen as future hazards but, on the other hand, all events that have not occurred should accordingly not be considered as future hazards. Rosén and Lindhe (2007) state that future risks may arise as a consequence of different changes that have a direct or indirect effect on the drinking water system. Examples of such changes may be climate changes and a change in human activity in the catchment area.

As the rest of society is affected by different trends so also the drinking water sector. In recent years trends such as increased awareness of microbial pollutants, emergence of membrane filtration and privatisation of water works in some areas can be identified. Pollard et al. (2004) point out the following six factors endangering the drinking water sector and posing new risks as well as opportunities: privatisation, sector globalisation, increased competition, emerging technologies, increasingly stringent regulatory control and the trend towards financial self-sufficiency.

Based on a literature review, interviews and evaluation work carried out at Chalmers University of Technology, Rosén and Lindhe (2007) identified the following seven factors that pose potential risks to drinking water systems in the future:

- Sabotage and terrorist attacks
- Conflicts
- New chemicals
- Emerging pathogens
- Public concern
- Climate changes
- Technical failures in aging distribution systems

Trends affecting the drinking water sector, possible implications and coping strategies are also described by the Awwa (American Water Works Association) Research Foundation (AwwaRF, 2006), see also Segrave et al. (2007). As with all risks, future risks require a proactive approach. Rosén and Lindhe (2007) conclude that major challenges for the future risk management of drinking water systems include how to perform reliable and useful risk analysis, how to communicate the risks and how to evaluate risks in order to use available resources efficiently and sustainably.

Risk management in the drinking water sector

The WHO (2004) defines safe drinking water as does not represent any significant risk to health over a lifetime of consumption, including different sensitivities that may occur between life stages. Furthermore, the International Water Association (IWA, 2004) emphasizes that a reliable supply of safe drinking water is fundamental to public health and economic development. As presented in Section *Risks to drinking water systems* many events may occur, harming the supply of safe drinking water. Risk management is therefore very important in the drinking water sector. The WHO (2004) concludes that a comprehensive risk assessment and risk management approach is the most effective way of ensuring the safety of a drinking water supply.

The drinking water sector faces risks as well as opportunities. At the same time, governments and regulators expect water utilities to adopt a management approach that focuses on avoiding losses and taking advantage of opportunities (Dalglish and Cooper, 2005). Pollard et al. (2004) suggests that an enterprise-wide management approach should be used, which requires:

- integrated frameworks for the management of internal as well as external risks to the utility;
- support of board level, executive management and operational staff as well as that of external stakeholders; and
- effective communication of risk and engagement within decision-making processes both within companies and with external stakeholders.

Risks can be managed on different levels in an organisation depending on what kind of decision needs to be made. The different levels can be described as strategic, programme and operational (MacGillivray et al., 2006; Pollard et al., 2004). On the strategic level regulatory, commercial and financial risks are included while risks linked to, for example, asset and catchment management are considered on the programme level. Risks associated with specific operations, such as failure of process components, are managed on the operational level. Strategic decisions are supposed to be transferred into actions on the programme level and implemented on the operational level.

According to Pollard et al. (2004) the drinking water sector is formalising and making explicit approaches to risk management and decision-making that were formerly implicit. Furthermore, MacGillivray et al. (2007a; 2007b) emphasise that a significant shift in the drinking water sector's approach to risk management is ongoing. Risk management is becoming increasingly explicit and better integrated with other business processes compared to the historical implicit approach focused on treatment plant design and operation (Hrudey et al., 2006). One example is the increased use of the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) approach within the drinking water sector (Damikouka et al., 2007; Dewettinck et al., 2001; Gunnarsdóttir and Gissurarson, 2008; Hamilton et al., 2006; Howard, 2003; Jagals and Jagals, 2004; Mullenger et al., 2002; Yokoi et al., 2006). Principles and concepts of the HACCP approach in particular have been used by the WHO to develop the Water Safety Plan (WSP) approach (WHO, 2004), which is currently being implemented in many countries. WSP and HACCP are described further in Section 3.4. Although efforts are made to manage risks efficiently, possibilities for further improvements exist. This not only includes water utilities but also other stakeholders such as governmental authorities. The Swedish National Audit Office (SNAO) has scrutinised the preparedness for severe crises in the Swedish water supply. Some of the main conclusions are that limitations in the ability to manage crises exist, the quality of risk and vulnerability analyses is not good enough and the governmental support is insufficient (SNAO, 2008). Positive

trends have also been identified, such as increased collaboration between municipalities and local awareness of issues related to crisis management.

End-product testing

Risk management is a proactive way of working. This means that efforts are made to prevent risks from arising or reduce them to an acceptable level. The opposite way of working is to only work reactively, which means that action will be taken after an event has happened and not before. An example of a reactive way of working is if end-product testing (compliance monitoring) alone is used to monitor and guarantee a safe water quality. Although end-product testing is a necessary part of water quality management, it cannot be used as the only means of guaranteeing safe drinking water (e.g. WHO, 2004). Note that the Drinking Water Directive (Council of the European Union, 1998) is based on end-product testing. The Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water and the Canadian Council of Ministers of the Environment (CDW/CCME, 2004) address the limited number of pathogens and contaminants that can be analysed and the time it takes to complete analyses, as weaknesses of end-product testing (see also Sinclair and Rizak, 2004; Vieira, 2007). Rizak et al. (2003) point out that experience of waterborne disease threats and outbreaks have shown that end-product testing is not sufficient to guarantee safety water quality. If unacceptable water quality is detected in the drinking water distributed to the taps, some consumers will at least use the water before the analysis is completed and corrective action has been taken. End-product testing should be used as one tool for verifying that the water is/was safe to drink but not as the only means of guaranteeing safe drinking water.

The multi-barrier approach

Instead of relying on end-product testing to guarantee safe drinking water, the use of a multi-barrier approach is advocated by e.g. the WHO (2004) and the CDW/CCME (2004). The multi-barrier approach is based on implementation of multiple barriers throughout the drinking water system, from source to tap. The barriers are supposed to block or control hazards to prevent them from causing any unacceptable harm. Since multiple barriers are used, failure of one or more barriers

can be compensated for by the others. The CDW/CCME illustrate the multi-barrier approach as shown in Figure 3.2. The figure shows different components of the multi-barrier approach and emphasises that it is not only the treatment plants that should include barriers. Protection of source waters and distribution systems, as well as overall management, are important to achieve an efficient multi-barrier approach.

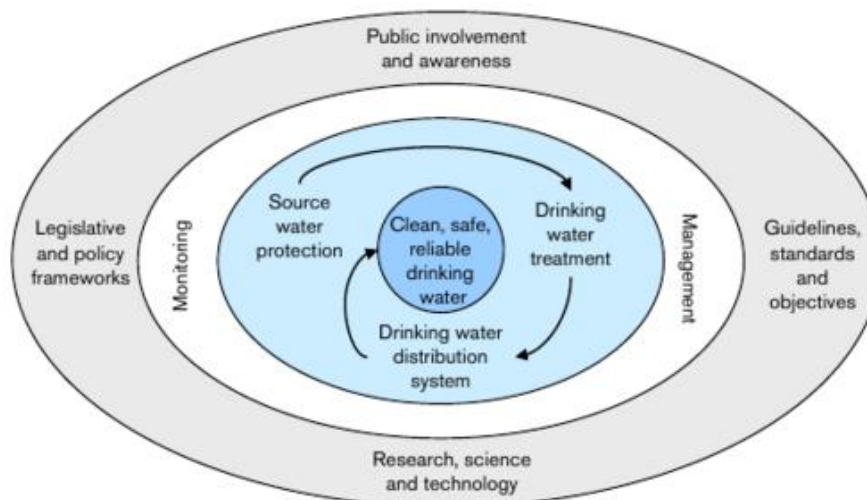


Figure 2 - Different components of the multi-barrier approach, according to the CDW/CMME (2004).

Frameworks and guidelines

A number of different international and national frameworks and guidelines for managing risks to drinking water systems exist. In this section some of the most well-known frameworks and guidelines are briefly described and general trends are summarised.

Water Safety Plans

In the 3rd edition of the Guidelines for Safe Drinking-water Quality, the WHO presented a framework for safe drinking water (WHO, 2004). The framework consists of health-based targets, Water Safety Plan (WSPs) and independent surveillance (Figure 3.3). The health-based targets should be based on evaluation of health concerns by a high-level authority and reflect what is considered to be an acceptable level of risk. As noted in Section 3.3, the WHO (2004) defines safe drinking water as does not represent any significant risk to

health over a lifetime of consumption, including different sensitivities that may occur between life stages. The health-based targets are supposed to guide the WSPs and the independent surveillance aims to ensure the work is performed properly and also promotes improvement. The surveillance should be conducted by an independent agency and include all aspects of safety. The WSPs are a key element in the framework and include system assessment, operational monitoring and management plans (Figure 3). The purpose of the system assessment is to determine whether the system is capable of delivering water that meets the health-based targets. The system assessment should include the entire system and consider interactions between elements. Operational monitoring should assess control measures in order to ensure that the system is operating properly. The management plans aim to document and communicate relevant information. To develop a WSP a number of different steps need to be performed. The main steps are presented in Figure 4.



Figure 3 - The framework for safe drinking water as presented by Davison et al. (2005).

The WSP approach is based on an integrated approach, i.e. the entire system from catchment to consumer should be considered, and includes principles and concepts from the multi-barrier approach and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system (described further below). WSPs are currently being implemented in countries around the world and are thus an important part of

risk management of drinking water systems (Breach and Williams, 2006; Garzon, 2006; McCann, 2005; Vieira, 2007). In October 2008, the WHO will publish a manual aimed at providing practical guidance to facilitate WSP development.

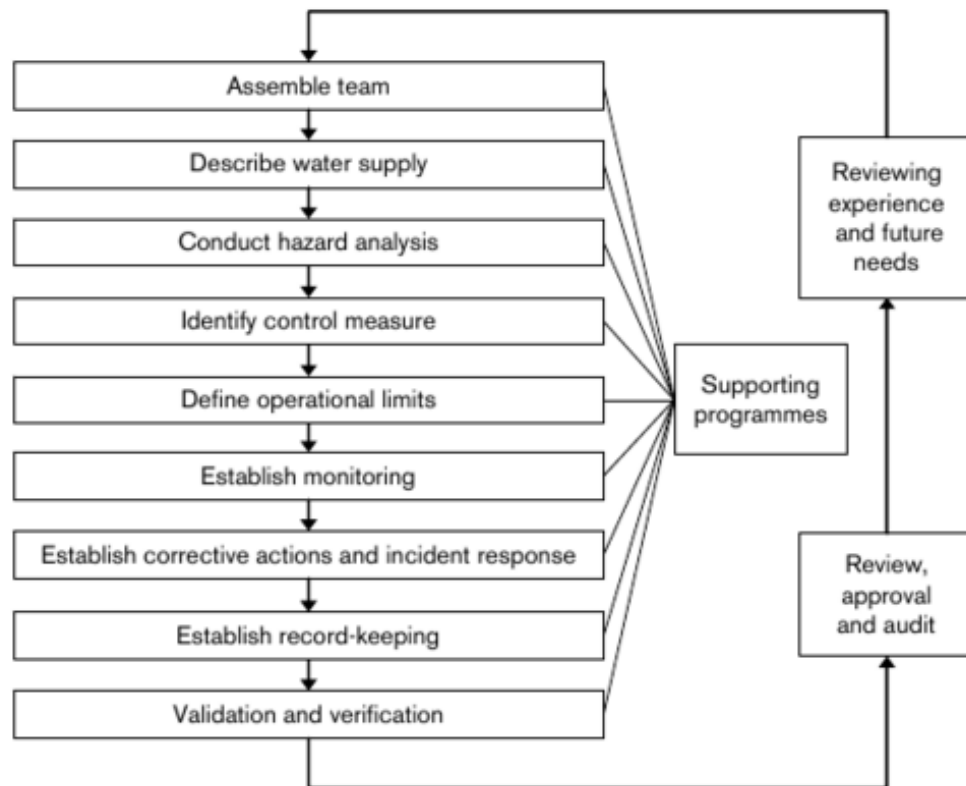


Figure 4 - Key steps in developing a WSP (after Davison et al., 2005).

The Bonn Charter

The Bonn Charter for Safe Drinking Water (IWA, 2004) is a complementary document to the guidelines provided by the WHO (2004) and emphasises the WSP approach. The document includes key principles that are considered essential in order to create a management framework for a reliable supply of safe drinking water. Institutional roles and responsibilities are also described and the goal of the Bonn Charter is stated to be good safe drinking water that has the trust of consumers. Furthermore, it is emphasised that drinking water should not only be safe to drink but also be of aesthetically good quality.

Hazard Analysis and Critical Control Point

The Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system can be described as a systematic way of identifying specific hazards and measures for

their control (Codex, 2003). Since principles of HACCP have been included in the WSP approach, the two approaches have several similarities. Basically, the HACCP approach aims to identify hazards and for each hazard identify control measures, including points in the system where the hazard may be controlled, critical limits, monitoring and corrective actions. The Pillsbury Company compiled the HACCP system in 1960 to assure food safety when delivering food to the NASA space programme. Although traditionally used in the food industry, Havelaar (1994) presented the first application of HACCP to drinking water supplies. Hrudehy (2004) and the Australian National Health and Medical Research Council and Natural Resource Management Ministerial Council (NHMRC/NRMMC, 2004) point out that HACCP is most suitable to apply in the treatment part of a drinking water system, and not applied as easily to the important areas of source water and distribution system (see also Hamilton et al., 2006).

Examples of national guidelines

In addition to international guidelines, such as those of the WHO (2004), some nations have compiled their own guidelines and frameworks. The Australian Drinking Water Guidelines (ADWG) for example, include a framework for management of drinking water quality (NHMRC/NRMMC, 2004). Rizak et al. (2003) describe the ADWG framework as a comprehensive and preventive strategy from catchment to consumer, see also Nadebaum et al. (2003). The framework constitutes four main areas: commitment to drinking water quality management, system analysis and management, supporting requirements and review. The framework provided by the NHMRC/NRMMC (2004) and the one provided by the WHO (2004) is to a large extent similar. The primary differences are mainly related to the outline and presentation of the frameworks.

In New Zealand the use of Public Health Risk Management Plans (PHRMPs) is suggested by the Ministry of Health (2005a; 2005b). The PHRMP is described as a tool that will aid water utilities identify, manage and minimise events that could cause water quality to deteriorate. Compared to the guidance on

the WSP approach (Davison et al., 2005; WHO, 2004) the documents provided by the Ministry of Health in New Zealand include more detailed guidance on how to prepare a PHRMP. There are also other national guidelines provided by, for example, the Swedish Water and Wastewater Association (SWWA, 2007), the Swedish National Food Administration (SNFA, 2007), the Danish Water and Wastewater Association (DWWA, 2006) and the Norwegian Food Safety Authority (NFSA, 2006). These guidelines are not described further here.

General trends

By comparing different international and national frameworks and guidelines the following general trends can be identified:

- The weaknesses of end-product testing is emphasised as a main reason why risk management of drinking water systems is important.
- The from source to tap approach, or even more comprehensively from catchment to consumer, is advocated in the guidelines as an important basis for managing drinking water systems.
- The multi-barrier approach is stressed as a key strategy to guarantee safe drinking water.
- Existing frameworks and guidelines are mainly focused on water quality issues. Limited guidance is provided on aspects related to water availability and reliability of water supplies.
- The importance of having good knowledge of the system (i.e. to know the system) is emphasised as being fundamental when analysing a drinking water system.
- Co-operation between stakeholders is pointed out as being important if drinking water systems are to be managed efficiently.

Risk measures

The concept of risk is viewed differently in different fields and depending on the purpose and context, risk may be expressed using different measures, i.e. units (see e.g. Aven, 2003). In Section 2.1 risk was described as a combination of the probability, or frequency, and consequence of a hazardous event. However,

sometimes only the probability is considered and in other cases the main focus may be on the consequences. When carrying out a Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA, see Section 4.3) for example, risk is expressed as the probability of infection and when analysing distribution systems the probability of pipe breakage may be studied. However, it is also possible to combine the probability of infection and the probability of pipe breakage with the actual consequences. The results from a QMRA may, for example, be combined with information on health effects in order to estimate the risk as Disability Adjusted Life Years (DALY), see e.g. Havelaar and Melse (2003). DALY is a health gap measure that includes both years lost due to premature mortality and years lost due to some degree of disability during a period of time (Homedes, 1996). One DALY represents loss of one year of full health and the WHO (2004) states the use of a reference level of 10^{-6} DALYs per person per year for the drinking water guidelines (WHO, 2004).

Risk measures that can be used to combine different consequences are useful, since hazardous events may have multiple consequences. DALY is an example of a measure that combines different health effects. Another way to combine different consequences is to translate them into monetary units. This facilitates economic analyses such as cost-benefit and cost-effectiveness analysis. It should be noted that it may be controversial to translate health effects and other consequences to monetary units.

When analysing risks to drinking water systems the choice of risk measure is influenced by different factors. If, for example, a hazardous event causing the water source to become polluted is analysed, different measures will be implemented if the actual health effects are to be estimated or the results are to be compared with a threshold value for raw water quality. The point of compliance, i.e. the point in the system where criteria are defined, is thus one of the factors that influence the choice of risk measure. Since risk is expressed using different measures it is important in a risk analysis to clearly define how risk is expressed and to be aware that different measures are used.

Integrated risk analysis of drinking water systems

In this chapter the integrated approach to analysing and managing risks to drinking water systems is presented. Based on Chapters 1 and 3, a framework for integrated risk management of drinking water systems is suggested. Principles of qualitative and quantitative risk analysis are also presented.

The from source to tap approach

In Section 3.2 it was concluded that since drinking water systems are extensive and composed of many different components, a wide range of events may affect them and cause harm. Hence, as stated in the Australian guidelines on drinking water, efficient management of drinking water systems requires that consideration be taken to the entire supply chain (NHMRC/NRMMC, 2004). This means that all parts, from source to tap, or even more comprehensively from catchment to consumer, should be considered. This integrated approach is also emphasised by, for example, the WHO (2004) as part of the WSP approach, the IWA (2004) in the Bonn Charter and the CDW/CCME (2004) in their guidance on the multi-barrier approach.

There are several reasons why an integrated from source to tap approach should be applied, not only as an overall management approach but also when making risk analyses. Although a drinking water system may appear to have a simple structure it is often complex. A system can be described as a supply chain composed of a raw water source, treatment plant and distribution system, but there is an interaction between these sub-systems that needs to be considered. This means, for example, that events at the water source may affect the treatment and distribution. A drinking water system also has an inherent redundancy, which means it may compensate for failures. Failure of a pump in the distribution system, for example, may not affect the delivery to the consumers as there are reserve pumps. Unacceptable raw water quality may also be compensated for by the treatment plant, and an interruption in the supply of raw water does not automatically affect the consumers since water stored at the treatment plant and in the distribution system can be used. Hence, a drinking water system cannot be

described as a traditional series system where failure in one part automatically leads to failure of the whole system.

Based on the above description it can be concluded that overall risk management as well as risk analyses need to consider the entire system in order to be efficient. Integrated risk analysis facilitates minimisation of sub-optimisation of risk-reduction options and, consequently, more efficient use of available resources. Sub-optimisation may arise if, for example, only the treatment system is analysed and considered when selecting risk-reduction options. It might be more efficient to implement risk-reduction options to protect the water source or spend money on maintenance and upgrading the distribution network. Although integrated risk analyses are important, it should be noted that analyses of specific parts of the system as well as specific hazardous events are also important and cannot be replaced by one integrated analysis. The different types of analysis should complement each other to facilitate efficient risk management.

A suggested risk management framework

Background to the framework

Risk analysis is a key component in risk management. To show clearly the role of risk analysis in the management of drinking water systems, this section presents a suggested framework for integrated risk management in Water Safety Plans (WSPs). This framework is developed by the author and colleagues within Work Area 4 Risk Assessment and Risk Management of the Techneau project (Techneau, 2005). Techneau is a project funded by the European Commission under the Sixth Framework Programme (contract no. 018320). The framework is described further by Rosén et al. (2007) and includes a generic outline of the framework as well as supporting methods, tools and examples developed within Techneau. In this section only the generic outline is presented (see also Rosén et al., 2008b).

Comparison of two approaches

The WSP approach (*Frameworks and guidelines*) is comprehensive and provides increased awareness and understanding of risk issues related to drinking

water systems. The approach includes principles of HACCP and the multi-barrier approach, and emphasises the importance of considering the entire supply chain, from source to tap. When comparing the WSP approach (Figure 4 in Section *Frameworks and guidelines*) with the more generic risk management process, similarities as well as differences can be identified. The WSP approach has been developed for a specific field of application (drinking water) while the risk management process is generic and should be suitable for a wide range of applications. By comparing the outlines of the WSP approach (Figure 4) and the risk management process the following main observations were made:

- The importance of defining the scope is emphasised more clearly in the risk management process while the WSP approach place more emphasis on putting together a team of people to support the work.

- In contrast to the WSP approach the risk management process does not include a step that states explicitly that the system should be described. However, since the risk management process is more generic the system description step is part of the scope definition, which is shown provides a more detailed description of how to carry out a risk analysis.

- In the WSP approach a step termed hazard analysis is included. The risk management framework distinguishes between hazard identification and the subsequent risk estimation.

- The risk management process includes a risk tolerability decision (acceptable risk), which is not a separate part in the WSP approach. Since WSPs are guided by health-based targets, these are intended to define what is an acceptable risk.

- Identification of control measures and definition of operational limits are steps included in the WSP approach. Within the risk management process these steps are not presented separately but are part of the step termed analysis of options.

- The risk management process illustrates decision-making as a separate step, while in the WSP approach this appears to be included in the other steps.

- The WSP approach includes monitoring, corrective action, record-keeping as well as validation and verification. In the risk management process the corresponding steps are termed implementation and monitoring.
- The WSP approach clearly points out the importance of supporting programmes linked to all steps, from assembling the team through to validation and verification. Furthermore, both the WSP approach and the risk management process indicate that the work should be performed iteratively, i.e. be updated continuously.

The framework

The main reason for the differences between the WSP approach and the risk management process is the fact that the latter is generic while the former has a specific, intended use. The fact that WSPs are focused mainly on water quality issues also explains why some generic parts of risk management are not included in the WSP approach. However, risk management of drinking water systems needs to consider all risks on a strategic as well as operational level. To illustrate a generic approach to risk management of drinking water systems a framework based on the risk management process and the WSP approach has been developed and is presented in Figure 5.

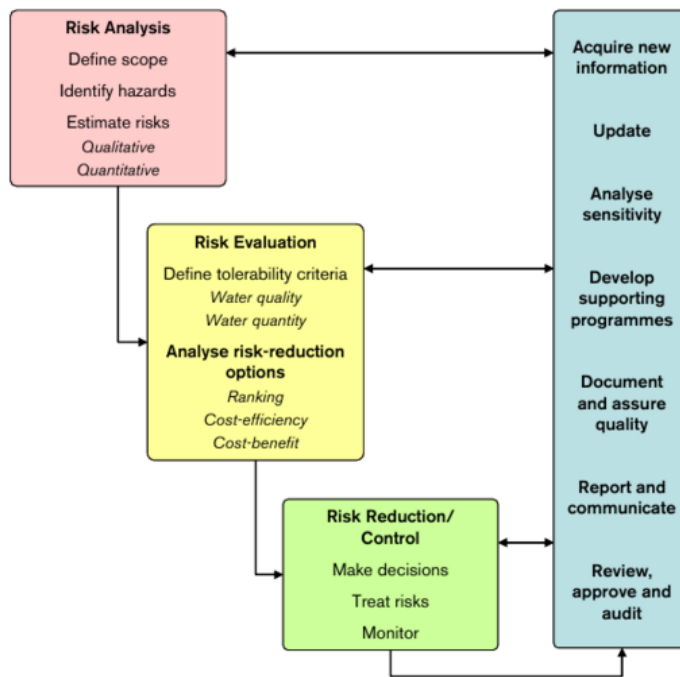


Figure 5 - Schematic illustration of a framework for integrated risk management in WSP (after Rosén et al., 2007).

The overall structure of the framework (Figure 4.1) is based entirely on the risk management process but has been updated with important aspects of the WSP approach to link it more clearly to drinking water systems. The framework comprises three main parts: risk analysis, risk evaluation and risk reduction/control. However, important tasks such as review, communication, collection of new information and updating are also emphasised in the framework.

The first part of the framework is risk analysis, which starts with an initial scope definition. Defining the scope is important in order to set the basis for the risk analysis. It should include a definition and description of the system as well as descriptions of concerns, assumptions and required output to support decision-making. As clearly pointed out in the WSP approach, a team of people should be put together to support the risk analysis. The team should include people with knowledge of the system being analysed as well as people with knowledge of risk analysis. Together the team should have sufficient knowledge to perform the analysis. Once the scope has been defined, hazards should be identified and the risk estimated. The risk analysis can be qualitative or quantitative, depending on its purpose.

The output from the risk analysis should be used as input in the risk evaluation. To enable risk evaluation, tolerability criteria defining an acceptable level of risk are needed. The WSP approach includes health-based targets related to the water quality. However, targets related to water quantity and other stakeholder values are also needed in order to evaluate all the risks. Efficient risk management of drinking water systems must include risks related to both quantity and quality problems. If the risk is not acceptable, it needs to be reduced and/or controlled. Alternative options for risk reduction should be identified and evaluated by means of, for example, cost-effectiveness or cost-benefit analyses.

Based on the information from the risk analysis and risk evaluation (together termed risk assessment) decisions are made and implemented. This means that if considered necessary the risk is handled by, for example, lowering the probability of occurrence, reducing the consequence, or both. To evaluate the efficiency of the implemented safety measure monitoring may be used. The information from monitoring and reporting systems as well as other information sources should be used to update the risk analysis and the risk evaluation.

In addition to the analysis, evaluation and reduction/control steps, the framework in Figure 5 emphasises the importance of analysing and considering uncertainties related to all steps. Furthermore, supporting programmes, documentation, communication and review are highlighted as important tasks.

Objectives of the framework

The purpose of the framework is to provide a structure and toolbox to assist water utilities in their risk management work. In this thesis the structure is presented above and one of the tools developed is presented in Section 5. The framework supports integrated risk management in WSPs and facilitates transparency and rational decision-making. The framework stresses the importance of an iterative process of continuous updating as new information becomes available and as conditions change. Communication between stakeholders is emphasised as important since it facilitates increased awareness and knowledge regarding risk issues among, for example, decision-makers, water utility personnel

and the generic public. Furthermore, the framework includes methods and tools to assist hazard identification, risk estimation and evaluation in order to provide cost-effective and sustainable prioritisation of safety measures (Rosén et al., 2007).

Principles of qualitative and quantitative risk analysis

In Risk analysis the basis of risk analysis is presented and an overview of the tasks that are normally carried out is shown. Irrespective of whether a risk analysis is quantitative or qualitative, some tasks always need to be carried out. It is important, for example, to define the scope and clearly state the purpose of the analysis. This should also be linked to the type of decision situations the analysis is supposed to support. Furthermore, identification of hazards is always required regardless of whether the subsequent part of the analysis is qualitative or quantitative. In order to identify relevant hazards it is important to define and understand the system being analysed, e.g. a drinking water system. A system description is thus required and may be combined with a conceptual model describing how hazards may occur and cause harm to a receptor (Figure 6). The receptor may, for example, be the consumers supplied with drinking water or something else that should be protected. The term pathway is used to describe how the hazard may overcome possible barriers and affect the receptor. A hazard could be a microbial contaminant that enters a drinking water system through faecal contamination of the water source. For the contaminant to harm the consumer it needs to pass barriers in, for example, the treatment plant.

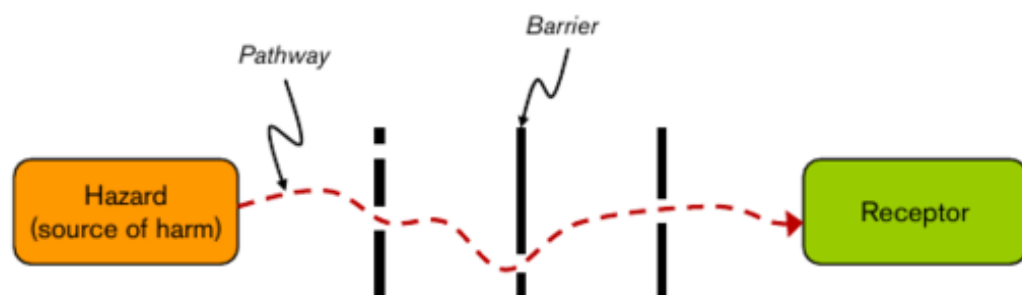


Figure 6 - Conceptual model illustrating how a hazard may cause harm to a receptor if existing barriers are unable to prevent a pathway between them.

To support hazard identification, experience from the past, brainstorming, checklists and more structured methods such as What if analysis and Hazard and Operability Analysis (HAZOP) can be used (see e.g. Hokstad et al., 2008; Kletz, 2001; Mannan and Lees, 2005; Nolan, 1994). To support water utilities in identifying hazards, checklists including hazardous events are provided by e.g. Beuken et al. (2007) and Nadebaum et al. (2004). The checklists should preferably be used in combination with brainstorming, experience from the past and other techniques to identify hazards relevant to the system being analysed.

Risk analysis may be performed in an almost infinite number of ways depending on the context. A simple way to distinguish between different methods is to categorise them as qualitative or quantitative. In a qualitative analysis the risk is described in words whereas a quantitative method aims to estimate the risk numerically. The term semi-quantitative is sometimes used to describe analyses that are mainly qualitative but to some extent may be seen as quantitative. In semi-quantitative analyses risk is often categorised using discrete probability and consequence scales that have been assigned numbers. In this thesis the semi-quantitative methods are also defined as qualitative.

Qualitative risk analysis

A qualitative (or semi-quantitative) method for risk analysis commonly used in different fields is risk ranking using risk matrices. The WHO (2004) suggests the use of a risk matrix to prioritise identified hazards. Table 1 shows an example of a risk matrix to be used in a WSP, presented by Davison et al. (2005). To rank risks the probability and consequence of identified hazards are estimated using discretised probability and consequence scales (Table 4.1). To determine whether the risk is acceptable or not tolerability criteria need to be defined. In Table 1 each combination of probability and consequence in the matrix is defined in terms of low, moderate, high or extreme risk. More than four categories can be used. Furthermore, which of these categories of risk that can be accepted or not needs to be defined. A principle commonly used to evaluate risks which is applicable to this case is the As Low As Reasonable Practicable (ALARP)

principle, see e.g. Melchers (2001). The ALARP principle implies that a risk can be: unacceptable, i.e. must be reduced or eliminated under any circumstances; acceptable, i.e. can be left without further action; or between acceptable and unacceptable and may be accepted if it is economically and/or technically unreasonable to reduce it (the ALARP region). Sometimes each probability and consequence scale is assigned a score (e.g. 1-5) and a risk index is calculated by multiplying the scores (semi-quantitative risk estimation).

It should be noted that the categories of probability and consequence need to be defined specifically for the system that is being analysed. Since all systems are unique and the purpose of different analyses may differ no generic definitions of scales can, or should, be defined. The combination of the probability and consequence scales in Table 4.1, for example, is not applicable to all systems. It is likely that the probability scale in most cases would have been defined to also include events that occur much more seldom than once every fifth year. Logarithmic-based probability scales are often used. The specification of which risk level the different combinations of probability and consequence refers to also needs to be made for each system being analysed. In Table 1 an event that causes catastrophic consequences (mortality expected from consuming water) and occurs rarely (once every five years) is considered a high risk. In other cases it is likely that this risk would have been regarded as an extreme risk, i.e. the highest risk level according to the scale in Table 1.

Table 1 - Example of a risk matrix and definitions of likelihood and severity categories to be used in risk scoring in a WSP (after Davison et al., 2005; WHO, 2004). Classes of relative risk tolerability are shown in shades of grey.

Likelihood	Severity of consequences				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Almost certain	H	H	E	E	E
Likely	M	H	H	E	E
Moderate	L	M	H	E	E
Unlikely	L	L	M	H	E
Rare	L	L	M	H	H

Note: The number of categories should reflect the needs of the study.

E – Extreme risk, immediate action required;

H – High risk, management attention needed;

M – Moderate risk, management responsibility must be specified;

L – Low risk, management by routine procedures.

Examples of definitions of likelihood and severity categories that can be used in risk scoring

Item	Definition
<i>Likelihood categories</i>	
Almost certain	Once a day
Likely	Once a week
Moderate	Once a month
Unlikely	Once a year
Rare	Once every 5 years
<i>Severity categories</i>	
Catastrophic	Mortality expected from consuming water
Major	Morbidity expected from consuming water
Moderate	Major aesthetic impact possibly resulting in use of alternative but unsafe water sources
Minor	Minor aesthetic impact causing dissatisfaction but not likely to lead to use of alternative, less safe sources
Insignificant	No detectable impact

Risk ranking by means of risk matrices is easy to perform and the results are also easy to understand. Hence, this type of analysis is useful in many cases, especially as an initial risk analysis used to identify where further and more detailed studies are needed. However, the method also has limitations that requires more sophisticated methods such as quantitative methods. Burgman (2005) emphasizes that risk ranking methods assume a discrete nature of hazards, although there is often a range of possible outcomes of an event. Furthermore, if events are considered separately, important chains of events are not analysed. Often combinations of two or more events may cause severe events that should be considered. Risk ranking is thus not suitable for modelling complex systems with interactions between components and events. Burgman (2005) also points out the lack of quantitative estimates of risk and the lack of procedures for uncertainty analysis as limitations of risk ranking. Cox (2008) also discusses the limitations of risk matrices.

In addition to risk ranking using risk matrices, there are other qualitative methods applicable to drinking water systems exist. Groundwater vulnerability, for example, can be assessed using rating methods such as DRASTIC (Aller et al., 1987; Rosén, 1994; 1995).

Quantitative risk analysis

The motive for performing a quantitative risk analysis, in addition to not considering interactions between events, is that a qualitative analysis is not considered to be detailed enough and cannot estimate the risk in quantitative terms. One main advantage of a quantitatively estimated risk is that it facilitates comparison with other risks and acceptable levels of risk in absolute terms. Furthermore, a quantitative method facilitates a quantitative estimate of the efficiency of risk-reduction options, which facilitates a proper evaluation of possible options. It should be noted that although an analysis is considered to be quantitative, parts of it may be qualitative. For example, initial steps such as identification and descriptions of hazards are often performed in a qualitative manner. Kaplan (1992) explains some basic ideas linked to quantitative risk analysis.

A wide range of methods and tools are available for quantitative risk analysis. Some are comprehensive with a wide field of application, describing how to identify hazards as well as how to estimate the risk, while others are used only to assist in specific parts of an analysis. The purpose here is not to present all possible methods and tools but rather to provide some examples and describe some basic concepts of quantitative risk analysis applicable to drinking water systems.

Quantitative (and qualitative) analyses differ with regard to the range of hazards included and which parts of the drinking water system are included. An analysis may focus on a specific microbial pathogen or include events affecting the water quality as well as water availability (quantity). Some analyses consider only a separate part of the system whereas others include the entire system, from source to tap. Quantitative methods for analysing health effects of chemicals and microbial pathogens are Quantitative Chemical Risk Assessment (QCRA) and

Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) respectively. The latter method is used to estimate the probability of waterborne infections through four main steps: hazard identification, dose-response assessment, exposure assessment and risk characterisation (Haas et al., 1999). A QCRA is performed in a similar way to a QMRA (see e.g. Leeuwen and Vermeire, 2007). Both methods include a limited number of hazardous agents (chemicals or microbial pathogens) but may consider the entire drinking water system from source to tap. They can thus be integrated although that is not always the case.

Physical models of processes in source waters, treatment plants and distribution systems may also be used in risk analyses. In addition to the methods mentioned above, a number of other comprehensive tools are available that can assist in different ways in a risk analysis. Examples of such tools are (e.g. Hokstad et al., 2008; Pollard, 2008; Rosén et al., 2007):

- Fault tree analysis
- Event tree analysis
- Reliability block diagram
- Influence diagrams and Bayesian belief networks
- Markov models
- Monte Carlo simulations

As described by Kammen and Hassenzähl (2001) the ultimate goal of risk analysis is informed decision-making. Risk analysis must thus characterise risks in a fashion that incorporates identified receptors, known variability, sources and effects of uncertainty, and implications of assumptions.