

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование Кара-Чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения города Прокопьевска

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Хафизова Камила Ильгамовна	<i>Камила</i>	30.04.19

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОГ	Пасечник Е.Ю	К.Г.-М.Н.	<i>Е.Ю.</i>	11.06.19

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОСГН	Волкова А. Л.	-	<i>А.Л.</i>	30.05.19

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ООД	Атепаева Н. А.	-	<i>Н.А.</i>	30.04.19

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

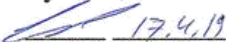
Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОГ	Савичев О.Г.	Д.Г.Н.	<i>О.Г.</i>	13.06.19

Планируемые результаты освоения

Код	Результат обучения
Общие по направлению подготовки	
P1	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития
P2	Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P3	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности.
P4	Использовать педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P5	Проводить учебные занятия по учебным предметам, курсам, дисциплинам образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P6	Использовать знания в области водного хозяйства и природообустройства (мелиорации, рекультивации, инженерной защиты территорий) для надлежащей эксплуатации сооружений и систем природообустройства и водопользования, охраны водных объектов
P7	Разрабатывать документацию по эксплуатации мелиоративных систем, рекультивации нарушенных земель и водных объектов
P8	Проводить эксплуатацию и мониторинг сооружений и систем природообустройства и водопользования, обеспечивать выполнение требований по безопасности гидротехнических сооружений, охраны природы
P9	Использовать знания о геологических, геохимических, гидрологических, гидрогеологических, климатических процессах для определения параметров проектируемых сооружений и систем природообустройства и водопользования, выявления опасных природных и техногенных процессов
P10	Разрабатывать раздел проектной документации «Охрана окружающей среды»
P11	Проводить инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-гидрометеорологические изыскания, экологический мониторинг, руководить проведением инженерных изысканий и экологического мониторинга

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Природообустройство и водопользование
 Отделение геология

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 17.4.19 Савичев О.Г.

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2BM71	Хафизовой Камиле Ильгамовне

Тема работы:

Исследование Кара-Чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения города Прокопьевска	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3053/с от 17.04.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литературные источники и фондовые материалы по химическому составу вод Кара-Чумышского водохранилища, сведения о состоянии территории водосбора, сведения о системе водоподготовки на АО «ПО Водоканал».
---------------------------------	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>	<p>1)Постановка проблемы исследования и анализ изученности проблемы;</p> <p>2)Описание физико-географических условий района исследований и выявление антропогенной нагрузки на территорию;</p> <p>3) Изучить систему водоподготовки на АО «ПО Водоканал»;</p> <p>4)Изучить и проанализировать химический состав воды за многолетний период;</p> <p>7)Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>8) Социальная ответственность.</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)


Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент ОСГН, Волкова А. Л.
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД, Атепаева Н. А.
Английский язык	Доцент ОИЯ, Айкина Т. Ю.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

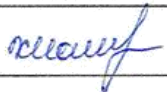
Характеристика объекта исследования
 Физико-географическая характеристика территории
 Исследование Кара-Чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения города Прокопьевска
 Эксплуатация водохранилища
 Исследование источников антропогенного воздействия на территорию водосбора
 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
 Социальная ответственность
 Study of the Kara-Chumysh reservoir according its use as water supply for Prokopevsk city
 (Приложение А)

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.12.2017
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОГ	Пасечник Е.Ю	К.Г.-М.Н.		14.12.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ71	Хафизова К.И		14.12.17

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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>	<p>1)Постановка проблемы исследования и анализ изученности проблемы;</p> <p>2)Описание физико-географических условий района исследований и выявление антропогенной нагрузки на территорию;</p> <p>3) Изучить систему водоподготовки на АО «ПО Водоканал»;</p> <p>4)Изучить и проанализировать химический состав воды за многолетний период;</p> <p>7)Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>8) Социальная ответственность.</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)


Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент ОСГН, Волкова А. Л.
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД, Атепаева Н. А.
Английский язык	Доцент ОИЯ, Айкина Т. Ю.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

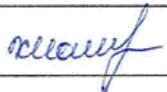
Характеристика объекта исследования
 Физико-географическая характеристика территории
 Исследование Кара-Чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения города Прокопьевска
 Эксплуатация водохранилища
 Исследование источников антропогенного воздействия на территорию водосбора
 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
 Социальная ответственность
 Study of the Kara-Chumysh reservoir according its use as water supply for Prokopyevsk city
 (Приложение А)

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.12.2017
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОГ	Пасечник Е.Ю	К.Г.-М.Н.		14.12.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Хафизова К.И		14.12.17

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 144 с., 50 рис., 38 табл., 57 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: г. Прокопьевск, водохранилище, водоподготовка, антропогенная нагрузка, водосбор, гидрологические условия, береговая линия.

Объектом исследования является: Кара-Чумышское водохранилище.

Цель работы – исследование Кара-Чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения г. Прокопьевска.

Задачи:

- изучить состав и качество воды водохранилища;
- изучить технологию водоподготовки на АО «ПО Водоканал» и состав подаваемой населению воды;
- изучить влияние хозяйственной деятельности на состояние водохранилища и негативные экзогенные процессы;
- изучить изменение береговой линии за многолетний период.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, при работе использовались возможности ArcGIS, AutoCad, Excel, CorelDraw, PowerPoint,

Введение

В настоящее время перед человечеством стоит ряд глобальных проблем, из которых можно выделить 5 наиболее актуальных: социальная, экологическая, продовольственная, энергетическая, водная.

Современное состояние водных объектов ухудшается с каждым годом и данная ситуация вселяет опасение за будущее человечества, ученые многих стран мира считают главной проблемой обеспечения водой населения и хозяйства. На нашей планете создание искусственных водохранилищ привело к изменению природных свойств территории на площади 700000 км². В первую очередь это связано с интенсивным строительством объектов недвижимости на прилегающих к водохранилищам территориях и миграции населения [8].

Кара-Чумышское водохранилище является источником водоснабжения г. Прокопьевска и г. Киселёвска с 1957 г. Оно образовано путём устройства земляной плотины и бетонного водосброса на реке Кара-Чумыш. Водохранилище представляет собой водоём малого типа. В последние годы на территории водосбора произошли существенные изменения: закрылись пионерские лагеря, после которых остались разрушающиеся заброшенные здания, существенно увеличилась площадь районов селитебной застройки и садоводческих обществ. Коттеджные поселки оборудованы централизованной системой питьевого водоснабжения, а водоотведение организовано путем оборудования индивидуальных септиков. Не все они отвечают требованиям по герметичности, соответственно нагрузка на подземные воды постоянно возрастает. Со временем загрязняющие вещества могут попасть в водохранилище [16].

Цель работы – исследование Кара-Чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения города Прокопьевска.

Объект исследования – Кара-Чумышское водохранилище.

Задачи:

- изучить состав и качество воды водохранилища;
- изучить технологию водоподготовки на АО «ПО Водоканал» и состав подаваемой населению воды;
- изучить влияние хозяйственной деятельности на состояние водохранилища и негативные экзогенные процессы;
- изучить изменение береговой линии за многолетний период.

Основные результаты данной работы докладывались и обсуждались на XXIII Международном симпозиуме им. М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», 2019 г.

Оглавление	
Реферат	6
Введение	7
1. Характеристика объекта исследования	10
1.1 Месторасположение, история строительства	10
1.2 Основные гидротехнические сооружения водохранилища	11
2. Физико-географическая характеристика территории	21
2.1 Географическое положение	21
2.2 Климатические условия и особенности микроклимата	21
2.3 Геологическое строение и рельеф	23
2.4 Гидрогеологические условия	27
2.5 Ландшафтная структура территории	34
2.6 Гидрология	36
3. Исследование кара-чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения города прокопьевска	37
3.1 Химический состав воды Кара-Чумышского водохранилища	37
3.2 Подготовка воды для целей водоснабжения на АО «ПО Водоканал»	45
3.2.1 Водоочистные Сооружения	45
3.3 Насосные станции	51
3.4 Технологический процесс работы сооружений гидроузла	55
3.5 Основные технологические параметры процесса	58
3.6 Анализ химического состава воды до и после водоподготовки	63
4. Эксплуатации водохранилища	66
5. Исследование источников антропогенного воздействия на территории водосбора	67
5.1 Влияние хозяйственной деятельности на состояние водохранилища и негативные экзогенные процессы	67
5.2 Антропогенная трансформация ландшафтов водосбора	67
5.3 Источники загрязнения водохранилища	67
Заключение	68
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	72
7. Социальная ответственность	102
Список используемых источников	115
Приложение А	120



1. Характеристика объекта исследования

1.1 Месторасположение, история строительства

В 1957 г. на р. Кара-Чумыш был построен гидроузел с водохранилищем сезонного регулирования для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения гг. Прокопьевск и Киселевск и прилегающих к ним поселков, а также сельскохозяйственных нужд пригородных территорий. Расчетный водоотбор в этот период составлял 50 тыс. м³/сут. Впервые водохранилище было заполнено водой осенью 1953 г., однако водоснабжение гг. Прокопьевск и Киселевск не было начато в связи с низким качеством подаваемой воды [16].

Причиной тому послужила некачественная подготовка ложа водохранилища, под водой осталось большое количество растительности, торфяников, территория д. Малый Керлегеш и другое. Вследствие этого под ледяным покровом и вблизи водохранилища ощущался резкий запах сероводорода [16].

Летом 1954 г. вода была спущена, а ложе водохранилища подверглось более тщательной обработке. После этого его вторично заполнили водой к осени того же года. Несмотря на проведенные работы, содержание растворенного кислорода в первые зимы эксплуатации снижалось до 1-2 мг/л, частично компенсировала положение своевременная аэрация (проруби). Также наблюдались высокая окисляемость (15 мг/л O₂) и цветность (70-80° С) воды.

В 1967 г. была введена в эксплуатацию II очередь водохранилища с учетом подачи расчетного расхода воды 200 тыс. м³/сут в год 90 % обеспеченности [6].

В начале 1990-х годов, в соответствии с проектом, выполненным Сибирским отделением института "Союзводоканалпроект", была проведена реконструкция гидроузла с целью увеличения водоотвода из Кара-

Чумышского водохранилища до 215 тыс. м³/сут. при отметке НПГ 358,0 м для года 85 % обеспеченности. В 1993 г. реконструкция была завершена [19].

Кара-Чумышский гидроузел находится в Прокопьевском районе Кемеровской области. Гидротехнические сооружения, создающие Кара-Чумышское водохранилище, находятся на 59 км от устья р. Кара-Чумыш, само водохранилище расположено на 59 – 75 км от устья (рис.1).

Координаты территории гидроузла (рис. 2): крайняя северная точка (1) – 53° 53' 29,7" с.ш. 86° 29' 4,7" в.д., восточная (2) – 53° 53' 27,1" с.ш. 86° 29' 18,5" в.д., западная (3) – 53° 53' 9,0" с.ш. 86° 28' 37,4" в.д., юго-восточная (4) – 53° 53' 6,2" с.ш. и 86° 28' 56,8" в.д [19].

1.2 Основные гидротехнические сооружения водохранилища

Кара-Чумышское водохранилище русловое, сезонного регулирования, имеет следующие характеристики: полный объем – 62,746 млн. м³; полезный объем – 60,986 млн. м³; отметка нормального подпорного уровня (НПУ) – 358,0 м; отметка форсированного подпорного уровня (ФПУ) – 359,3 м (0,1 %); отметка уровня мертвого объема (УМО) – 343,5 м; площадь зеркала при НПУ – 8,8 км². Водохранилище имеет вытянутую форму и простирается с северо-запада на юго-восток на 18,1 км, ширина его в самой узкой части достигает 110 м, в наиболее широкой – 1,2 км; максимальная глубина – 19,0 м, средняя глубина – 7,4 м; площадь мелководий с глубиной до 2 м – 1,6 км², протяженность береговой линии – 71,3 км. Режим регулирования паводков – срезка паводковой волны [19].

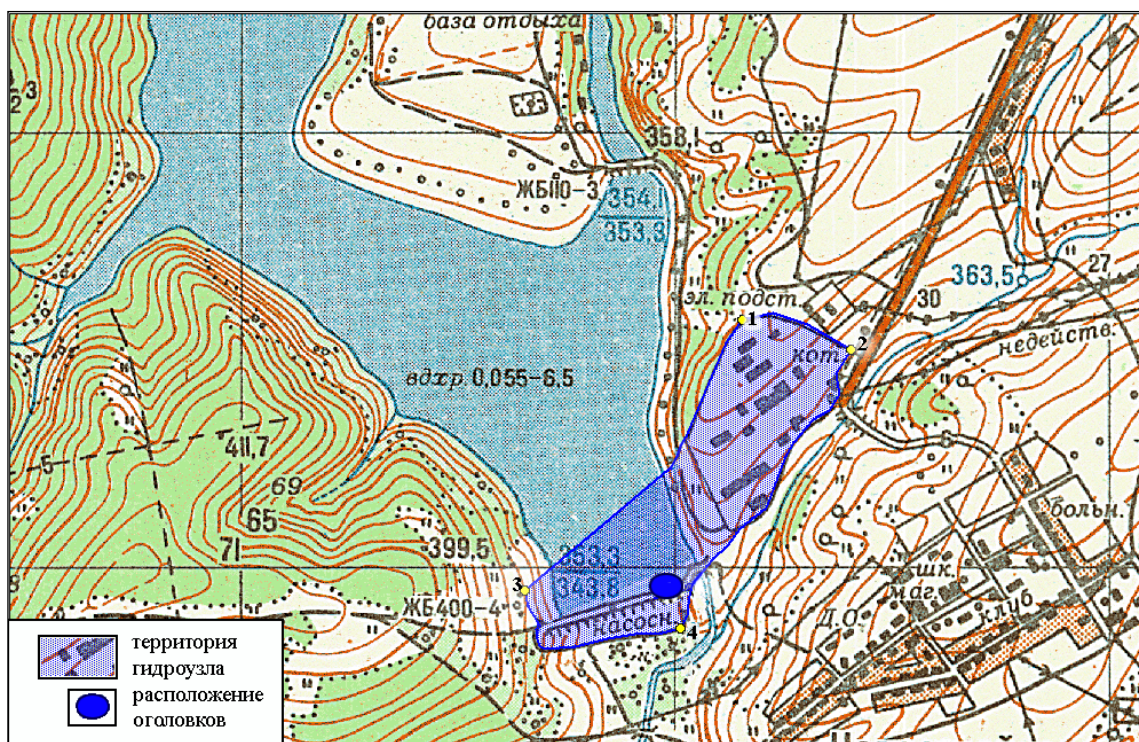


Рисунок 2 – Расположение территории гидроузла [19]

Таблица 1 – Морфометрические характеристики и характерные уровни Кара-Чумышского водохранилища [19]

Длина, км	Ширина (макс., ср.), км	Глубина (макс., ср.), м	Площадь зеркала (при НПУ), км ²	Площадь мелководий с глубиной до 2 м, км ²	Объем, млн. м ³		Емкость, млн. м ³		Протяженность береговой линии, км	Отметки уровней воды, м		
					полный (при НПУ)	полезный (между НПУ и УМО)	при ФПУ	при УМО		НПУ	УМО	ФПУ
18,1	1,2; 0,4	19,0; 7,5	8,8	1,6	62,7	60,9	73,0	1,76	71,3	358,0	343,5	359,3

Эксплуатацию и обслуживание гидроузла осуществляет АО " ПО Водоканал" г. Прокопьевска.

В настоящее время в состав гидротехнических сооружений гидроузла входят (рис. 3) [19]:

1. Глухая земляная плотина.
2. Донный водоспуск, совмещенный с водозабором.
3. Насосная станция I-го подъема.
4. Поверхностный водосброс.
5. Отводящий канал с трубопроводом.
6. Площадка очистных сооружений.
7. Земляная плотина отвода русла р. Керлегеш.

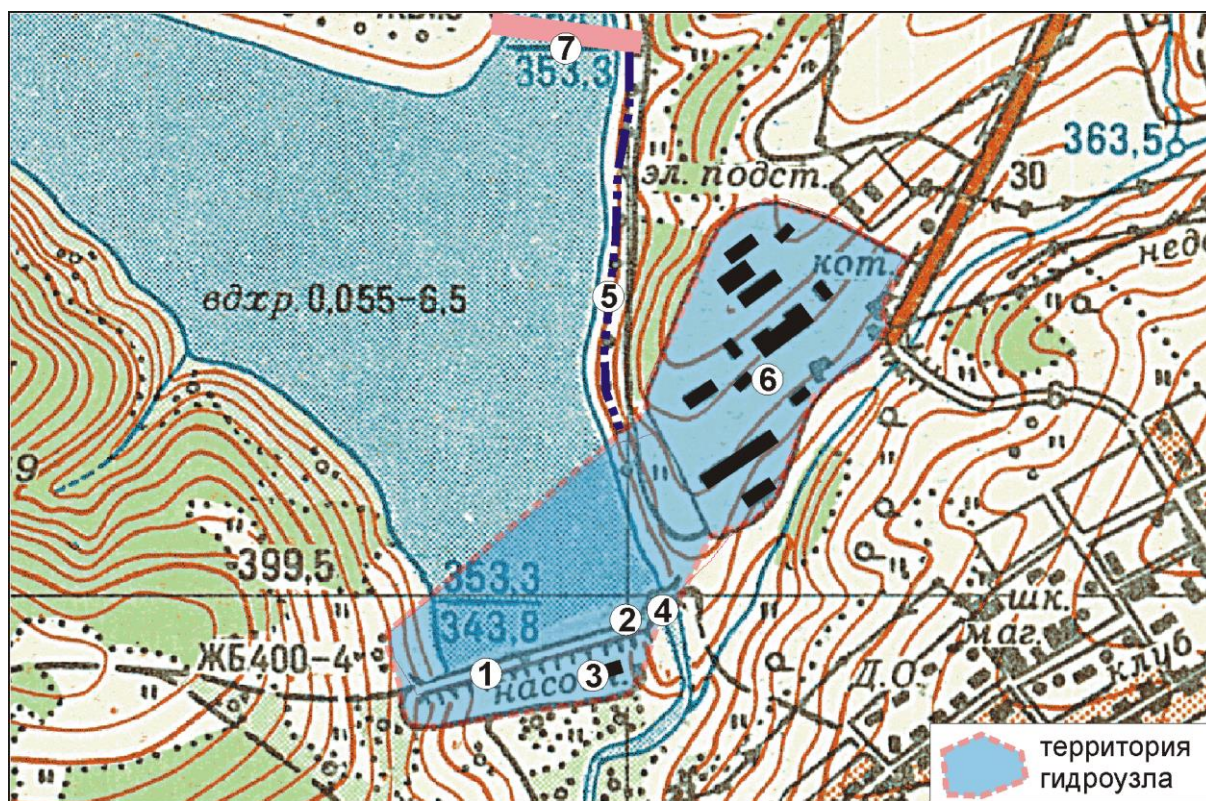


Рисунок 3 – Состав гидротехнических сооружений
Кара-Чумышского гидроузла [19]

В устьевой части р. Керлегеш, с целью предотвращения поступления ее загрязненных вод в водохранилище, построена глухая плотина (рис. 4).



Рисунок 4 – Плотина Кара-Чумышского гидроузла

Плотина – земляная, насыпная из местного карьерного суглинка с уплотнением до естественного состояния, глухая, однородная. Ширина по гребню 6 м, отметка гребня 360,30 м, длина 383 м (рис. 5). Максимальная высота плотины в русле 24,1 м, в пойме 17,5 м. Заложение откосов: верхового 1:4, низового 1:3. Верховой откос защищается слоем 1,5 м песчано-гравийного грунта. Низовой откос крепится слоем растительного грунта 20 см и засеивается многолетними травами [16].

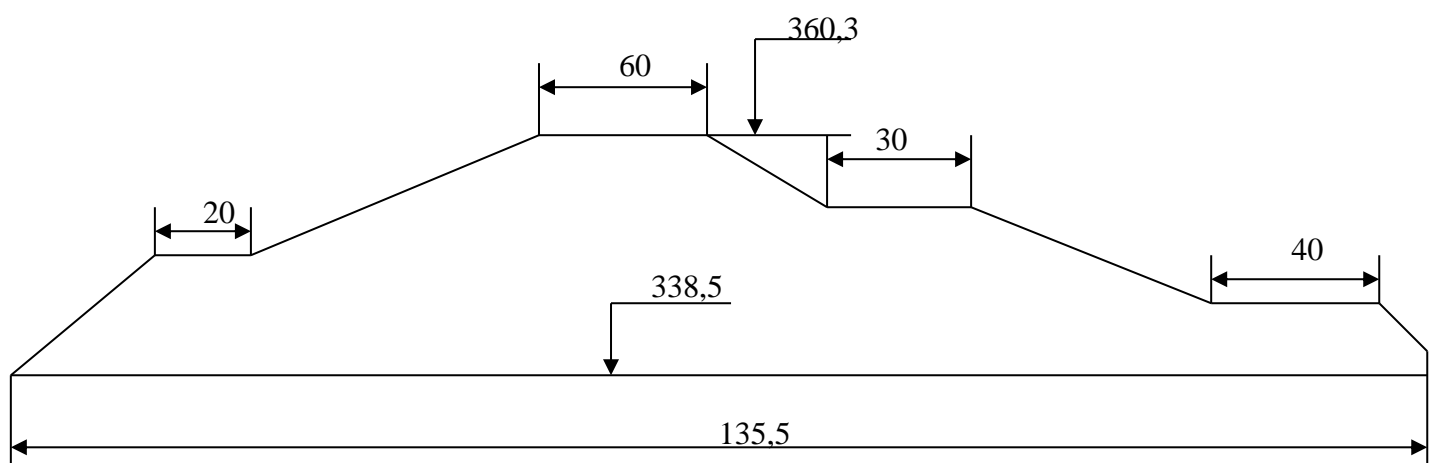


Рисунок 5 – Основные характеристики плотины [16]

В основании плотины – суглинки от твердой до текучепластичной консистенции, подстилаемые выветренными известняками. Левый борт по

створу плотины представлен массивными кристаллическими и мергелистыми сильно трещиноватыми известняками с повышенной водоносностью; правый борт – аргиллитами, прикрытыми мощным слоем рыхлых отложений. Рыхлые отложения с коэффициентами фильтрации $0,04 \div 0,007$ м/сутки [16].

Крепление верхового откоса – каменной наброской толщиной 0,6 м по защитному слою песчано-гравийной смеси (ПГС) толщиной слоя 1,2 м до отметки 357,70 м, далее до гребня толщина каменной наброски 1,0 м по подготовке из щебня и песка толщиной по 0,25 м соответственно.

Крепление низового откоса выше дренажной призмы до отметки 354,30 м – растительным слоем грунта с посевом трав, выше до гребня – камень по двухслойному обратному фильтру из щебня и песка [16].

Противофильтрационная двухрядная цементационная завеса в основании плотины (в том числе под поверхностным водосбросом), по левому борту водохранилища и на части водораздела между р. Кара-Чумыш и руч. Забавный.

Дренажная призма из камня высотой 4 м с устройством обратного фильтра между телом плотины, основанием и дренажной призмой из щебня и песка общей толщиной 0,4 м с отведением профильтровавшейся воды в нижний бьеф трубой диаметром 1000 мм и отводящим земляным каналом трапецеидального сечения. Ширина канала по дну 1,5 м, заложение откосов 1:2, глубина порядка 2 м, длина 530 м, уклон дна $\approx 0,007$, крепление дна и откосов – каменная наброска [16].

Водосброс

Железобетонный двухпролётный. Ширина каждого пролёта – 9 м, 2 металлических сегментных затвора высотой 4,0 м. Отметка водосливной части 358,0 м (18,0 м). Перед сегментными затворами устанавливаются аварийные металлические шандоры, сборные по 1,5 м высотой и длиной 9 м в количестве 3 шт в каждый пролёт водосброса; перекрываются по мере необходимости для проведения ремонтных работ на сегментных затворах.

Для поднятия сегментных затворов устроены два здания лебёдок с установкой в них эл.лебёдок, грузоподъёмностью 7 т/с. Поднятие сегментных затворов происходит через систему полиспастов. Сброс воды через водосброс может осуществляться через левый или правый сегментные затворы, так и одновременно через оба сегментных затвора. Установка аварийных затворов массой 5т каждый производится с помощью автокрана, а установка непосредственно в пролёт водосброса с помощью двух ручных талей, грузоподъёмностью 5 т каждая [16].

Быстроток

Лоток быстротока имеет трапецеидальную форму: откосы 1: 0,5, ширина по дну имеет уклон 0,1, толщина железобетонного днища лотка 0,5 м, стенок – 0,5 м. Сброс паводковой воды с водохранилища осуществляется с середины апреля и до начала июня. Набор воды в водохранилище осуществляется постепенно, и регулируется степенью открытия сегментных затворов. Паводок Кара-Чумышского водохранилища характеризуется более резким таянием снега до конца мая, с таёжных зон водосбора [16].

Подводящий канал

Трапецеидального сечения, ширина по дну 21 м, отметка дна канала 353,10 м. Откосы канала в скальных грунтах имеют заложение 1:1, в рыхлых – 1:2. В канале установлены 3 ледореза для защиты водосливной части от затворов льда. Просветы между ледорезами (по осям) – 9 м. Перед головной частью водосброса на расстоянии 10 м подводящий канал крепится железобетонными монолитными плитами толщиной 30 см.

Размер каждого пролета водослива 9х5,2 м, отметка гребня водослива 354,10 м. Максимальная пропускная способность поверхностного водосброса:

Проектные значения:

НПУ – 231,5 м³/с;

ФПУ_{0,1%} – 350 м³/с.

По состоянию на начало 2013 г. при:

НПУ – 232 м³/с;

ФПУ_{0,1%} – 350 м³/с.

Водобой – железобетонный с металлической облицовкой в виде канала трапецеидального сечения, сопрягается с быстротоком. Длина водобойной плиты 22,5 м, толщина плиты 0,8 м, ширина по дну 20 м.

Быстроток состоит из входной части, лотка быстротока, успокоителя и выходной части. Входная часть – трапецеидальной формы, сужающейся к концевой части, длина 11 м. Лоток быстротока трапецеидального сечения длиной 60,5 м, ширина по дну 8 м, уклон переменный от 0,091 до 0,156. По дну быстротока проходят продольные рельсы типа Р 65, между которыми уложены арматурные каркасы и защитный слой из бетона [16].

При сходе потока с лотка быстротока устроена разделительная стенка.

Выходная часть быстротока имеет уступ высотой 1,8 м, который работает как консольный водосброс. Сопряжение с нижним бьефом – путем отброса струи; дальность отлета струи (расстояние от сооружения до центра воронки размыва) – 16,0 м; максимальное заложение откоса воронки размыва в сторону сооружения 1:1,5. Глубина воронки размыва 5,0 м, минимальное расчетное расстояние от основания водосброса до начала размыва 8,5 м. Крепление нижнего бьефа на участке сопряжения с паводковым водосбросом – наброска камнем крупностью 150 мм.

Водосброс оборудован двумя сегментными затворами (рабочие) и шестью секционными шандорами (аварийно-ремонтные). Размер сегментных затворов 9х4,2х4 м. Размер шандоров 9,48х4,5. Подъем осуществляется с помощью 2-х лебедок грузоподъемностью 7 тонн с полиспастами.

Донный водоспуск башенного типа с железобетонной подземной галереей и кирпичным надземным павильоном, расположен в теле плотины, совмещен с водозаборным сооружением [16].

Размер галереи 6х3 м (6 м – ширина, 3 м – высота), длина галереи 117 м, внутри галереи – трубопровод из 2-х металлических труб диаметром 1400

и 1600 мм на железобетонных опорах. Трубопроводами осуществляется пропуск паводковых, санитарных расходов в нижний бьеф, а также производится подача воды в насосную станцию I подъема. Для монтажа и демонтажа трубопроводов в галерее имеется узкая колея шириной 750 мм для транспортной тележки.

Противофильтрационных и дренажных устройств нет. Основные особенности компоновки и конструкции: трубчатые водоводы в сухой галерее [16].

За пределами галереи трубопроводы подняты трамплином на высоту 3 м и закреплены железобетоном. За трамплином выполнена рисберма из каменной наброски шириной 20 м.

Башня донного водоспуска высотой 20,8 м, отметка верха башни 360,30 м, имеет 4 водоприемных отверстия, два – на отметке порога нижнего горизонта 339,80 м; два – на отметке порога верхнего горизонта 350,10 м. Размер водоприемных отверстий 2х2. Водоприемные отверстия оборудованы сорозакрывающими решетками и рыбозащитными устройствами зонтичного типа, установленными в существующие пазы 4-х плоских затворов размерами 2,2х2,1 м. Подъем и пускание производится при помощи талей и лебедок [16].

Отвод рыбы из конусных сеток осуществляется по трубопроводу Ø 500 мм в р. Кара-Чумыш ниже земляной плотины. Принцип рыбоотведения – эжектор с кольцевой подачей воды. Размер затворов для водоприемных окон 2,2х2,1 м, количество – 4 шт.

На трубопроводах в башне установлены отсекающие задвижки.

Максимальная пропускная способность донного водоспуска:

Проектные значения:

НПУ – 47,0 м³/с;

ФПУ_{0,1%} – 49,0 м³/с.

По состоянию на начало 2013 г. при:

НПУ – 47 м³/с;

ФПУ_{0,1%} – 49 м³/с.

Насосная станция служит для подачи воды на станцию водоподготовки (253 тыс. м³/сут.) и в сеть производственного водоснабжения районной котельной 7 тыс. м³/сут (по отдельному водоводу).

Противофильтрационные и дренажные устройства – гидроизоляция железобетонных стаканов. Оборудование насосной станции: гидравлические машины (насосы), электродвигатели, автоматическая блокировка.

Гидрозащита гидроузла на р. Кара-Чумыш – аккумулирующая емкость отводящей воды из р. Керлегеш, плотина на р. Керлегеш, отводящий канал, трубопровод, переходной колодец [16].

Для отвода стока реки в р. Кара-Чумыш, ниже Кара-Чумышского водохранилища, сооружен отводящий канал (рис.6).



Рисунок 6 – Канал для отвода стока р. Керлегеш в р. Кара-Чумыш ниже водохранилища

2. Физико-географическая характеристика территории

2.1 Географическое положения

Образованное плотиной гидроузла Кара-Чумышское водохранилище имеет вытянутую форму и расположено на границе Салаирского кряжа и Кузнецкой котловины в пределах Прокопьевского района Кемеровской области (рис. 7) [17].



Рисунок 7 – Территория водосбора Кара-Чумышского водохранилища [17]

Согласно Техническому паспорту Кара-Чумышского гидроузла длина Кара-Чумышского водохранилища составляет 22 км. При проверке этой величины специалистами АО «ПО Водоканал» при помощи ГИС-технологий по современным картам и откорректированным по космоснимкам, было установлено, что длина водохранилища по основному руслу составляет 18,1 км [17].

2.2 Климатические условия и особенности микроклимата

Климат Салаира формируется под воздействием воздушных масс, поступающих с востока, юга и запада. В зимние месяцы это сухой и холодный воздух из Арктики, Средней Сибири и Центральной Азии.

Вторжение потоков холодного воздуха с востока и севера вызывает резкие зимние похолодания, ранние осенние и поздние весенние заморозки. Теплая и малооблачная погода устанавливается под влиянием воздушных потоков, идущих из Средней Азии и Казахстана. Западные и юго-западные атлантические потоки, преобладающие в теплый сезон, приносят наибольшее количество осадков [3].

В целом климат района характеризуется как резко континентальный с продолжительной холодной зимой и теплым относительно коротким летом. Многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет от $+0,7$ до -1°C [3].

Средняя температура января – самого холодного месяца – равна $-18-19^{\circ}\text{C}$, абсолютный ее минимум опускается до -52°C . Средняя месячная температура июля составляет 18°C , в отдельные годы максимум достигает 38°C . Продолжительность периода с отрицательной среднесуточной температурой – 172 дня. По теплообеспеченности территория относится к умеренно прохладной, сумма температур выше 10°C составляет 1600-1800 $^{\circ}\text{C}$ безморозный период длится 120 дней. Радиационный баланс для Салаира – 35 ккал/см² в год [6].

Несмотря на незначительную высоту, Салаирский кряж играет роль климатического барьера, стоящего на пути влажных атлантических ветров – если на западных склонах кряжа выпадает до 800 мм осадков, то у подножия восточных склонов их количество снижается до 400 мм [6]. В районе количество осадков достигает 593 мм, из которых в зимний период выпадает 146 мм и за летний – 447 мм [6].

Именно на восточных склонах Салаирского кряжа наблюдается наименьшая для Кемеровской области высота снежного покрова – 12-15 см [6]. Максимальная высота снежного покрова в районе составляет около 70 см, а в защищенных от ветра местах может достигать 200 см и более. Устойчивый снежный покров устанавливается в конце октября и сходит в апреле. Максимальная глубина промерзания грунтов – 2,2 м [6].

Преобладающее направление ветров – юго-западное. Среднее число дней с сильным ветром, превышающим 15 м/с, составляет 26 дней в году. Чаще всего сильный ветер наблюдается в мае, а также в осенние месяцы [6].

2.3 Геологическое строение и рельеф

Рассматриваемая территория расположена в пределах Салаирского горно-складчатого района Алтае-Саянской горной системы [9].

В тектоническом отношении Салаирский кряж имеет глыбово-складчатую структуру. За время от карбона до наших дней кряж неизменно оставался сушей. Его рельеф формировался под влиянием неоднократных и иногда довольно крупных тектонических движений, чередующихся с периодами относительного покоя и связанной с ними интенсивностью процессов физического и химического выветривания, которые привели к формированию низменной денудационной равнины с абсолютными отметками около 200 м. По мнению А.М. Малолетко, крупные тектонические перестройки Салаира произошли в конце олигоцена, сопровождались они поднятием на 200-250 м северо-восточного склона кряжа и опусканием Предсалаирья [9].

По мнению В.П. Нехорошева (1958), горообразование происходило путем огромного дугообразного выгибания, сопровождавшегося многочисленными разрывами и неравномерными глыбовыми подвижками. Другие геологи (Сперанский, 1924) предполагают, что основной формой альпийских дислокаций было образование усложненных разломами крупных складок, пересекающих древние структуры [9].

В выработке форм мезорельефа, расчленении склонов и вершин хребтов исключительно большое значение имели процессы выветривания и эрозионной деятельности водных потоков [1]. Гидрографическая сеть в основном заложилась на территории древнего пенеплена в третичное время, однако претерпела большие превращения за время четвертичной истории.

В настоящее время Салаирский кряж почти полностью утратил черты горной страны. Его поверхность имеет приблизительно одинаковую

абсолютную высоту (400-450 м), что дало основание многим авторам считать Салаир приподнятым пенепленом. Пенеплен расчленен густой и сложной сетью рек и логов, врезанных на глубину 100-200 м, на отдельные увалы, различно ориентированные. Для последних характерны слабоволнистые водоразделы и довольно узкие склоны выпуклого профиля [11].

Некоторое разнообразие в рельеф пенеплена вносят довольно многочисленные останцы, связанные обычно с выходами трудновыветриваемых пород (кварцитов, диоритов, гранитов, порфиритов). Отдельные вершины кряжа поднимаются до 560-600 м [5].

Салаир сложен смятыми в складки нижнепалеозойскими породами: известняками, песчаниками, сланцами, туфами и гранитами. Они перекрыты мощной толщей (10-40 м и более) четвертичных отложений, почти повсеместно представленных лессовидными карбонатными суглинками. Однако по долинам рек часто встречаются обнажения коренных пород различного возраста (рис. 8) [20]. Вне речных долин обнажения обычно связаны со склонами и вершинами остаточных гряд и монадноков, которые здесь широко распространены. Восточные склоны Салаирского свода узкие и довольно сильно размыты, поэтому именно здесь чаще всего встречаются выходы коренных пород [9].



Рисунок 8 – Выходы коренных пород в долине р. Кара-Чумыш [10]

Северо-восточная и восточная граница Салаирского кряжа с Кузнецкой котловиной четкая, проходит по Кузнецко-Салаирскому разлому, выраженному в рельефе крутым уступом Тырган [6]. Относительная высота Тыргана составляет порядка 100-200 м, однако в районе уступ теряет свою четкость и прямолинейность, в пределы орографического Салаира заходят кузнецкие позднегерцинские структуры. Отсюда они прослеживаются до устья р. Кары-Чумыш [6].

Река Кара-Чумыш берет начало в центральной части Салаирского кряжа, в 35 км южнее г. Салаира, на высоте 560 м. Река течет вдоль Кузнецко-Салаирского разлома, водосбор ее узкий, симметричный, вытянут с северо-запада на юго-восток. Грунты в основном глинистые и тяжелосуглинистые. Рельеф водосбора холмисто-грядистый, сильно расчленен долинами рек, логов и балок. Отметки высот – от 300 до 600 м [2].

Долина р. Кара-Чумыш в самом верхнем течении узкая (шириной до 0,3-0,5 км), крутосклонная – высота склонов до 40-60 м, местами они обрываются к реке отвесными скалистыми уступами. Долина имеет трапецевидную или ящиковидную форму, кое-где с врезанными меандрами. В среднем течении на участке, местность снижается до 440 м, долина расширяется до 0,7-1,5 км, склоны ее выполаживаются (рис.9). Долина здесь извилистая, хорошо разработана. На всем протяжении склоны долины расчленены глубоко врезанными долинами притоков и логами [2].



Рисунок 9 – Долина р. Кара-Чумыш ниже водохранилища [4]

Пойма чаще двухсторонняя, местами чередующаяся, на отдельных участках отсутствует, частично луговая и кустарниковая; в среднем течении реки местами заболочена. Ширина поймы от нескольких десятков метров до 0,5-0,7 км.

Русло реки сильно извилистое, ширина его изменяется от нескольких метров в верховьях до 10-12 м в среднем и нижнем течении. Выше водохранилища на отдельных участках русло расширяется до 50 м. Скорости

течения в межень составляют 0,2-0,6 м/с. Дно в основном твердое, глинистое, местами песчаное, на отдельных участках каменистое [2].

Кое-где в русле р. Кара-Чумыш, как и других притоков верхнего Чумыша, происходит накопление грубого плохо окатанного материала. С размывом древней коры выветривания связано накопление глыбового аллювия из бурых железняков, которые в некоторых местах образуют крупные скопления. На реке имеется ряд порогов и перекатов, наибольшее количество которых расположено в местах выходов известняков. Бассейн реки изобилует карстовыми воронками, выходами родников и ключей [2].

2.4 Гидрогеологические условия

Водоносный горизонт верхнечетвертичных-современных аллювиальных отложений низких террас (Q_{III-IV}) приурочен к русловым образованиям поймы, первой и второй надпойменным террасам р. Кара-Чумыш (рис. 10). Залегают он на глубинах от 4 м и имеет мощность от 2,5 до 10 м [2].

Водовмещающие породы в разрезе изменяются от песков и песчано-гравийных в кровле до гравийно-галечниковых и валунно-галечниковых отложений в подошве. В подошве водоносного горизонта залегают водоносные комплексы (зоны) ниже-среднедевонских отложений.

Воды безнапорные. Поток подземных вод направлен к руслам рек с уклонами в 0,001 до 0,005, средний уклон потока равен 0,003. Статические уровни грунтовых вод устанавливаются на глубинах 4-7 м, образуя единую пьезометрическую поверхность. Обводненность отложений, зависит в основном от степени их промытости. Так, удельные дебиты скважин по данным многочисленных откачек, проведенных в разное время и на разных участках долин, варьируют в очень широких пределах, от 1-3 до 10-15 л/сек., коэффициенты фильтрации преимущественно составляют 0,04-0,007 м/сут., местами достигая 30 м/сут. Величина пьезопроводности $2,0 \times 10^3 - 5,0 \times 10^2$ м²/сут., водоотдача пород изменяется от 0,2 до 0,3.

Питание грунтовых вод преимущественно местное за счет инфильтрации осадков и перетоков из подстилающих водоносных комплексов, с которыми горизонт тесно взаимосвязан, разгрузка осуществляется в современную речную сеть [2].

По химическому составу грунтовые воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, иногда кальциево-магниевые с минерализацией до $0,5 \text{ г/дм}^3$, местами воды жесткие, гидрокарбонатно-сульфатные, иногда хлоридные кальциево-магниевые, реже натриевые с минерализацией $0,7-1,0 \text{ г/дм}^3$. В целом для подземных вод характерна локальная загрязненность железом до $23-36 \text{ мг/дм}^3$.

Водоносный комплекс нижнепермских отложений верхнебалахонской подсерии (P_{1bl_2}) в пределах участка распространен в северо-восточном углу, где водовмещающие породы довольно сильно разбиты многочисленными дизъюнктивными нарушениями.

Водовмещающие породы – трещиноватые, фациально невыдержанные по площади и в разрезе песчаники, алевролиты, конгломераты, реже аргиллиты и угли с емкостными и фильтрационными свойствами, присущими трещинным коллекторам [2].

Обводненность пород крайне низкая, максимальная обводненность отмечается до глубин 80-100 м, удельные дебиты скважин изменяются от 0,09 до 0,57 л/сек. Коэффициенты водопроводимости пород подчиняются той же закономерности, что и удельные расходы скважин и изменяются от 2 до $160 \text{ м}^2/\text{сут.}$, составляя в среднем по комплексу $52-82 \text{ м}^2/\text{сут.}$; водоотдача пород низкая и редко выходит за пределы значений в $0,015-0,03$.

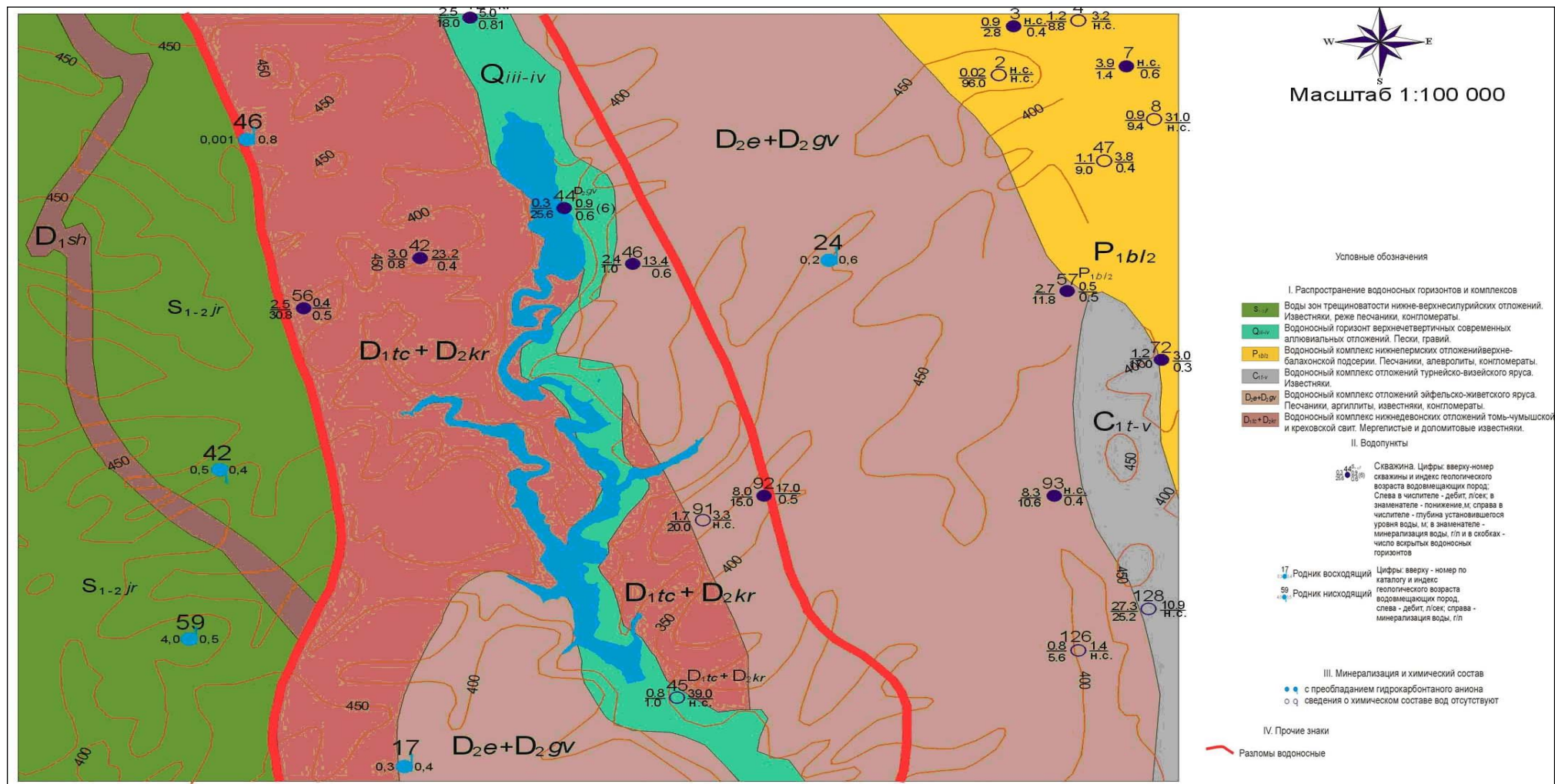


Рисунок 10 – Гидрогеологическая карта территории [2]

Подземные воды в основном относятся к трещинному типу, поскольку основную роль формирования коллекторских свойств пород сыграли процессы тектогенеза. Породы разбиты многочисленными дизъюнктивными нарушениями, носящими надвиговый характер. Минимальная обводненность пород установлена в Присалаирской части бассейна и обусловлена она, помимо надвиговой тектоники, способствующей закрытости нарушений, мощной перекрывающей толще, препятствующей питанию подземных вод посредством инфильтрации атмосферных осадков на водораздельных пространствах – областях питания [2].

Воды напорно-безнапорные, уровни подземных вод в общих чертах повторяют рельеф поверхности. На водоразделах глубина залегания уровня снижается до 20-30 м. Основной поток направлен к основному базису стока – р. Томь с уклонами в 0,003-0,008. Конфигурация потока сложная, поскольку значительное влияние оказывает действующий шахтный водоотлив, сопровождающийся значительным снижением уровней вплоть до полного осушения пород. Среднегодовая амплитуда колебания уровня подземных вод в многолетии в естественных условиях составляет 0,5-1,2 м.

Наиболее нарушенный Прокопьевско-Киселевский район является и наименее обводненным. Удельные расходы скважин, пройденных до эксплуатации углей, составили 0,01-0,7 л/сек., средний коэффициент фильтрации 0,05 м/сут.

Естественный режим подземных вод почти по всей площади комплекса нарушен. По химическому составу воды гидрокарбонатные, кальциево-натриевые или кальциево-магниевые с минерализацией в 0,3-0,8 г/дм³. Реакция водной среды слабокислая до кислой (рН 5,9-6,5), реже нейтральная.

В Притырганской части водоносного комплекса встречены очень жесткие сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые воды с минерализацией 1,1-1,7 г/дм³.

Водоносный комплекс отложений турнейско-визейского яруса (C_{1t-v})

v) распространен в виде полосы на востоке участка. Он сложен известняками турнейского и визейского ярусов. Подземные воды данного комплекса в основном приурочены к трещинам выветривания, интенсивно развитым до глубины 60-100 м в угленосных отложениях и более мелким (до глубины 50-70 м) в породах морского генезиса. Удельные расходы скважин, вскрывающих эти отложения, составляют от 0,1-0,5 л/с до 1,5 л/с; коэффициент фильтрации в среднем находится в пределах 0,2-2,0 м/сут., изредка достигая 5 м/сут.

В Притырганской зоне, где мощность четвертичного покрова велика, а количество осадков ограничено, роль атмосферного питания в естественных условиях резко снижается. Здесь по мере отработки крутопадающих пластов с обрушением кровли увеличивается свободное поступление атмосферных осадков, особенно талых вод в шахты. Кроме того, по данным Красноярской ГПП около 65 % суммарной величины шахтного водоотлива теряется на подработанных площадях в бассейне р. Абы и снова поступает в горные выработки шахт [2].

Эта закономерность свойственна всем водоносным комплексам, распространенным в Прокопьевско-Киселевском районе, где имеют место значительные провальные воронки.

Водоносный комплекс отложений эйфельско-живетского яруса (D₂ e-qv)

qv) на участке исследования развит широко и занимает центральную часть площади расположения водохранилища. Водовмещающие породы – терригенно-карбонатные, карбонатные трещиноватые песчаники, аргиллиты и известняки, конгломераты. Они содержат трещинные, преимущественно напорные воды с величинами напоров до 60 м. Пьезометрические уровни в логах устанавливаются вблизи дневной поверхности от -1,4 до +0,0 м, на водоразделах – от 17 до 19,7 м.

Обводненность пород средняя. Удельные дебиты скважин, в основном равны 0,11-0,78 л/сек., но иногда обводненность пород очень низкая, удельный дебит составляет 0,012 л/сек.

Питание запасов подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на водораздельных плато и их склонах, где мощность рыхлого покрова суглинисто-щебенистого состава не превышает 10-15 м. Областями разгрузки служат не только река Кара-Чумыш, но и наиболее глубоко врезанные оперяющие ее лога.

Режим подземных вод зависит от климатических факторов, мощности и состава перекрывающих рыхлых отложений, литологического состава, трещиноватости и закарстованности водовмещающих пород, удаленности от областей питания. В областях питания годовая амплитуда колебаний уровней достигает 4,5 м [2].

В верхней части разреза до глубины 100-150 м воды пресные с минерализацией 0,3-0,6 г/л гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные кальциево-магниевого.

Водоносный комплекс нижнедевонских отложений томь-чумышской и крековской свит ($D_1 tc + D_1 kr$) в пределах исследуемой территории имеет широкое распространение. Водовмещающие породы – органогенно-обломочные, копрогенные, афанитовые, мергелистые и доломитовые известняки – как правило, закарстованные и трещиноватые до глубины 100-150 м. По данным резистивиметрии и расходомерии в разрезе выделяется от 1 до 6 карстовых и трещинных водоносных зон, мощностью от 3 до 6 м. Они содержат трещинно-карстовые, преимущественно напорные воды с величинами напоров от 4 до 16 м. Пьезометрические уровни в долине реки Кара-Чумыш и логах устанавливаются вблизи дневной поверхности от -5,1 до -2,4 м. О положении уровенной поверхности на водоразделах судить трудно из-за отсутствия скважин, однако по наличию и гипсометрическому положению довольно многочисленных родников следует, что толща пород, лежащая выше поверхности с абсолютными отметками 400 м, полностью дренирована.

Карбонатные породы верхней наиболее нарушенной части разреза характеризуются повышенной обводненностью. Удельные дебиты скважин в

основном равны 2,2-3,75 л/сек., хотя в некоторых случаях они не превышают 0,08-0,14 л/сек.

Питание трещинно-карстовых вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на площади их распространения. Разгрузка их идет в местную гидрографическую сеть [2].

Воды зоны свободного водообмена пресные, с минерализацией 0,4-0,6 г/л, гидрокарбонатные кальциевые, реже гидрокарбонатные кальциево-магниевого и гидрокарбонатные кальциевые – натриевые.

Воды зон трещиноватости нижне-верхнесилурийских отложений юрманской свиты (S_{1-2} jr). Горизонт распространен в виде полосы в западной части изучаемой территории. Водовмещающими породами являются известняки; реже песчаники, конгломераты, алевролиты и глинистые сланцы. Мощность толщи 1200-2000 м. Глубина гидрогеологической изученности – 100-150 м. Геофизическими методами установлено наличие в разрезе толщи от 1 до 5 зон повышенной трещиноватости и кавернозности, мощностью от 2 до 12 м. Известняки, особенно их бело-розовые разности, значительно закарстованы.

Трещинные и трещинно-карстовые воды зоны интенсивной трещиноватости, преимущественно напорные, залегают на глубине 2,5-59 м в зависимости от рельефа и мощности покровных отложений. Пьезометрические уровни устанавливаются вблизи дневной поверхности в депрессиях рельефа (от 3,4 до + 0,5 м), на водоразделах опускаются до 28,5 м. Толща пород, лежащая выше уровня с абсолютными отметками 360-400 м., полностью дренирована.

Водообильность отложений неравномерна и зависит от литологического состава пород и их трещиноватости и закарстованности. Наиболее водообильны карбонатные разности. Удельные дебиты скважин, вскрывших известняки, достигают 1,5 л/сек.; в песчаниках и сланцах они равны 0,01-0,1 л/сек. Коэффициенты фильтрации (2,0-7,0 м/сут.) и водопроницаемости (6-148 м²/сут.) подтверждают неравномерную водообильность отложений [2].

Питание подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на склонах Салаирского кряжа. Дренируются они местной речной сетью.

Воды в зоне свободного водообмена (до глубины 100-150 м) пресные с минерализацией 0,4-0,6 г/л, гидрокарбонатные кальциевые, гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Химический состав вод зоны замедленного водообмена не изучался.

Воды зоны трещиноватости нижнедевонских отложений сухой свиты (D_{sh}). Отложения сухой свиты имеют крайне ограниченное распространение. Они протягиваются узкой, шириной не более 1 км, полосой по водоразделу реки Кара-Чумыш. Представлены водовмещающие породы красноцветными и зелеными песчаниками, конгломератами, алевролитами, в меньшей мере известняками. На площади распространения этих отложений естественные водопрооявления очень редки. По имеющимся данным можно ориентировочно судить об обводненности отложений, измеряемой сотыми долями л/сек. (0,01-0,05) [2].

Воды гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-натриевые, с минерализацией до 0,5 г/дм³.

2.5 Ландшафтная структура территории

В физико-географическом отношении Кара-Чумышское водохранилище расположено в Салаирской провинции Салаиро-Кузнецко-Алатаусской области Алтае-Саянской горной страны. Согласно Ландшафтной карте Западной Сибири М-ба 1:1000000, составленной в Институте водных и экологических проблем СО РАН, здесь выделяются следующие типы местностей (рис. 11).

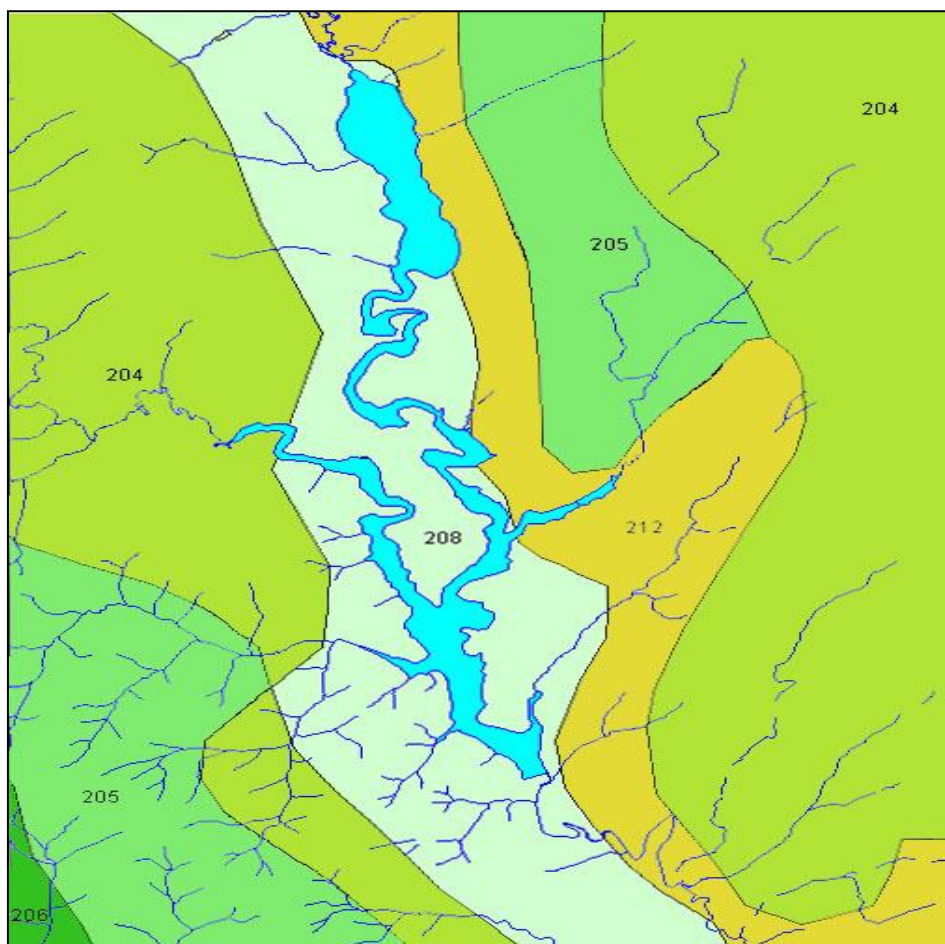


Рисунок 11 – Ландшафтная карта Западной Сибири, составленная в ИВЭП СО РАН, М-ба 1:1000000 (фрагмент) [2]

Подгорные холмисто-увалистые возвышенные поверхности с отдельными возвышенностями, понижениями (№ 204), фрагментами мелколиственных лесов, суходольных лугов, сельскохозяйственных земель на серых лесных, серых лесных глееватых, горно-лесных светло-серых почвах [2].

Низкогорье с выположенными водоразделами, плоскими вершинами и редкими скальными останцами (№ 205), сложенные метаморфическими, интрузивными, эффузивно-осадочными породами с осиново-березовыми, сосновыми и смешанными травяными и моховыми лесами на почвах горно-лесных серых, горно-лесных бурых, горных дерново-подзолистых [2].

Низкогорья пологоувалистые с платообразными вершинами, скальными останцами, асимметричными крутопадающими склонами (№ 206), сложенные эффузивно-осадочными, терригенно-карбонатными, эффузивными породами с осиново-пихтовыми высокотравными, вторичными

смешанными мелколиственно-хвойными лесами и высокотравными лугами на горно-лесных бурых, горных дерново-подзолистых, горно-луговых почвах [2].

Крутосклоновые приречные поверхности и речные долины (№ 208) с осиново-березовыми лесами, широколиственным крупнотравьем на месте черневой тайги, местами с борами и березово-осиновыми травяными лесами на светло-серых и серых лесных почвах, черноземах оподзоленных с комплексом лугов, древесно-кустарниковых зарослей и заболоченных лесов по днищам долин [2].

Склоновые долинные и приречные расчлененные поверхности (№ 212) лесолуговые на смытых дерновых, светло-серых лесных почвах [2].

2.6 Гидрология

Река Кара-Чумыш берёт своё начало на восточном склоне в средней части Салаирского кряжа и протекает с севера на юг в 10-16 км западнее г. Прокопьевск и г. Киселёвск, сливаясь с рекой Томь-Чумыш, она образует реку Чумыш. Длина реки составляет 179 км, площадь водосбора – 1010 км².

Водосбор ее узкий, симметричный, вытянут с северо-запада на юго-восток. Грунты в основном глинистые и тяжелосуглинистые [10].

Главные притоки реки Кара-Чумыш: справа (таёжные) – Талдушка, Кузохтовая, Инчереп; слева (полевые) – Кармак, Керлегеш.

Река Керлегеш отведена от водохранилища водоотводным каналом в железобетонный канал водосброса.

Питание реки в основном смешанного типа, оно идёт, главным образом, за счёт талых вод сезонных и в меньшей степени за счёт дождевого стока и подземных вод. На долю весеннее-летнего снеготаяния приходится около 45 % среднегодового стока; на долю дождей до 35 % и на подземное питание – 20 %. В зимний период питание рек осуществляется за счёт подземных грунтовых вод [16].

3 Исследование Кара-Чумышского водохранилища в связи с его использованием для водоснабжения города Прокопьевска

3.1 Химический состав воды Кара-Чумышского водохранилища

В 2018 г вода водохранилища пресная (172,42-197 мг/л), слабощелочная (7,53-7,83), гидрокарбонатная кальциевая, мягкая или умеренно жесткая (2,92-3,42 мг-экв/л).

Минеральный состав воды определяют содержание гидрокарбонатов, кальция и магния; хлориды и сульфаты, ввиду их малых количеств, существенного значения не имеют. В отдельные сезоны года вода характеризуется однородностью солевого состава по всем пунктам наблюдений. Сезонные изменения минерализации происходят закономерно – максимум (305 мг/л) сухого остатка относится к концу подледного периода, минимум (90 мг/л) – к весеннему периоду. Увеличение минерализации после весеннего паводка происходит медленно и непрерывно, вследствие небольшой поточности водохранилища. В притоках увеличение минерализации наступает следом за спадом паводка.

В целом водохранилище является малопроточным водоемом и отличается резко выраженной летней и зимней вертикальной стратификацией, выражающейся в разнице температуры воды, содержании растворенного кислорода, углекислоты и других элементов, выравниваемых лишь иногда сильными ветрами [12]. Малая проточность превращает водохранилище в хороший естественный отстойник [13].

В таблицах 1, 2 приведен состав водохранилища за 1962 и 2018 гг.

Современный этап функционирования водохранилища, по сравнению с ситуацией 1960-х годов, характеризуется нормализацией кислородного режима, за последние годы не было зафиксировано ни одного случая падения концентрации кислорода ниже 4 мг/дм³. Как следствие, значительно улучшились органолептические свойства воды – запах и вкус (не более одного балла). Другие основные гидрохимические параметры (состав основных анионов и катионов) остался без существенных изменений.

В настоящее время лабораторией АО «ПО Водоканал» производится контроль качества вод водохранилища по 25-37 органолептическим, гидрофизическим и гидрохимическим показателям (табл.2). В течение последних трех лет ими не было зафиксировано превышения предельно допустимых значений (СанПиН 2.1.4.1074-01) по температурным показателям, запаху, вкусу, наличию сухого остатка, аммиака, нитритам, нитратам, хлоридам, сульфатам, фтору, бору, меди, растворенному кислороду, молибдену, мышьяку, цинку, активному хлору, селену, ртути и алюминию.

Таблица 1 – Среднемесячные показатели качества воды,
поступавшей на гидроузел Кара-Чумышского водохранилища в 1962 г. [14]

№	Показатели	Ед. изм.	Месяцы											
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	температура	град.	2	2	2,0	3	3,4	6,2	8,4	9,0	10	6,5	5,6	4,5
2	запах, 20/60°C	балл	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
3	вкус	балл	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	мутность	мг/дм ³	0,21	0,12	<0,5	<0,5	2,16	2,66	0,83	1,31	1,32	1,08	0,91	<0,5
5	цветность	град.	23,0	19,5	20,2	22,7	38,6	55,1	42,8	43,7	37,6	30,6	29,2	25,5
6	аммиак	мг/дм ³	0,11	0,06	0,01	0,07	0,23	0,09	0,06	0,06	0,15	0,085	0,1	0,1
7	нитриты	мг/дм ³	0,027	0,01	0,07	0,02	0,075	0,04	0,011	0,042	0,018	0,02	0,06	0,05
8	нитраты	мг/дм ³	0,61	1,31	1,9	2,13	2,5	3,6	3,6	2,4	0,54	0,3	0,49	0,96
9	хлориды	мг/дм ³	2,7	3,0	3,5	4,0	5,0	3,5	2,5	2,8	3,5	3,2	2,89	3,0
10	сульфаты	мг/дм ³	10,0	9,0	8,45	8,6	15,0	12,45	13,0	11,7	8,9	11,8	11,3	11,1
11	pH	-	7,65	7,51	7,37	7,21	7,16	7,19	7,29	7,45	7,47	7,53	7,49	7,37
12	щелочность сост.	моль/м ³	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
13	щелочность общ.	моль/м ³	2,86	2,9	3,0	3,2	3,6	2,5	2,15	2,4	2,4	2,24	2,4	2,5
14	жесткость общ.	моль/м ³	2,96	3,1	3,23	3,36	3,9	2,74	2,36	2,6	2,5	2,33	2,45	2,58
15	кальций	мг/дм ³	47,3	49,7	50,4	52,5	59,7	43,9	39,7	41,6	39,8	37,2	39,5	40,7
16	магний	мг/дм ³	7,3	7,8	8,5	9,01	10,05	6,8	4,9	5,5	6,4	5,8	5,9	6,7
17	железо	мг/дм ³	0,11	0,12	0,09	0,12	0,74	0,32	0,25	0,25	0,29	0,19	0,21	0,19
18	фтор	мг/дм ³	0,088	0,17	0,13	0,15	0,25	0,09	0,14	0,15	0,15	0,11	0,14	0,15
19	марганец	мг/дм ³	0,035	0,035	0,018	0,04	0,105	0,053	0,028	0,048	0,06	<0,01	0,027	0,018
20	сухой остаток	мг/дм ³	173,8	192,1	193,2	183,0	163,8	167,1	143,3	147,2	171,0	140,0	142,5	155,5
21	бор	мг/дм ³	0,022	0,028	0,008	0,012	0,031	0,04	0,041	0,03	0,04	0,1	<0,1	<0,1
22	медь	мг/дм ³	0,025	0,025	0,024	0,04	0,26	0,123	0,1	0,09	0,08	0,09	0,066	0,07
23	окисляемость	мгО/дм ³	4,71	4,53	4,25	3,89	3,58	4,45	4,72	5,0	5,15	5,32	5,11	4,92
24	раств. кислород	мгО/дм ³	9,6	7,44	5,88	6,97	6,72	5,47	4,08	4,5	4,8	6,12	9,03	7,68
25	БПК	мгО/дм ³	2,77	1,78	1,92	0,95	2,69	2,51	1,98	3,75	3,81	4,78	5,43	5,38

№	Показатели	Ед. изм.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
26	ХПК	мгО/дм ³	11,0	16,8	7,0	10,0	10,31	15,5	11,76	18,0	13,0	21,0	14,0	19,0
27	СПАВ	мг/дм ³	<0,015	н/о	0,027	0,016	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	0,02	н/о	0,016
28	нефтепродукты	мг/дм ³	0,06	н/о	0,006	0,035	0,016	0,017	0,017	н/о	0,04	0,021	0,09	0,14
29	фенолы	мг/дм ³	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
30	молибден	мг/дм ³	0,013	0,01	н/о	0,009	0,026	н/о	0,003	н/о	0,009	0,004	0,015	0,012
31	свинец	мг/дм ³	0,028	0,012	0,018	0,039	0,021	0,022	0,034	0,01	0,024	0,044	0,008	0,016
32	мышьяк	мг/дм ³	н/о	н/о	н/о	<0,01	н/о	н/о	н/о	н/о	0,007	н/о	н/о	н/о
33	цинк	мг/дм ³	0,01	н/о	0,037	0,005	н/о	н/о	0,064	0,006	0,01	0,013	н/о	0,028
34	взвешенные вещества	мг/дм ³	15,1	8,6	9,4	1,9	8,05	7,1	2,4	4,2	6,8	13,0	15,8	10,5
35	селен	мг/дм ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	ртуть	мг/дм ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	н/о	-	-
37	алюминий	мг/дм ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 2 – Среднемесячные показатели качества воды, поступавшей на гидроузел
Кара-Чумышского водохранилища в 2018 г. [18]

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Запах 20°C/60°C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Температура, град	2,00	3,00	3,00	3,10	4,60	10,40	15,00	16,40	17,00	12,50	6,80	3,00
Вкус, балл	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мутность, мг/дм ³	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58	0,99	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58
Цветность, град	14,71	14,28	13,69	14,91	12,48	13,75	12,38	12,68	11,54	13,00	14,38	11,06
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
Нитрит-ион, мг/дм ³	<0,003	<0,003	<0,003	0,005	0,007	0,004	<0,003	0,003	<0,003	<0,003	<0,03	0,00
Нитрат-ион, мг/дм ³	0,83	1,59	2,1	2,35	3,02	2,46	1,93	1,31	0,33	0,45	0,57	0,63
Хлорид-ион, мг/дм ³	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Сульфат-ион, мг/дм ³	5,44	7,10	11,22	10,78	12,65	14,8	10,5	11,00	10,43	6,52	7,86	11,70
Водородный показатель	7,41	7,34	7,29	7,23	7,18	7,46	7,54	7,43	7,46	7,47	7,62	7,50
Щелочность общая, моль/дм ³	3,43	3,60	3,87	3,25	3,94	2,55	2,75	2,87	2,93	2,93	3,15	3,15
Щелочность свободная, моль/дм ³	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Жесткость общая, * Ж	3,45	3,50	3,78	3,8	4,04	2,75	2,80	2,80	2,75	2,90	3,00	3,18
Кальций, мг/дм ³	51,10	55,10	59,10	61,10	58,35	45,10	44,6	44,10	42,10	46,10	45,10	51,10
Магний, мг/дм ³	10,94	9,10	10,1	9,12	9,24	6,08	6,90	7,30	7,90	7,30	9,12	7,70
Фторид-ион, мг/дм ³	0,10	0,10	0,172	0,20	0,20	0,14	0,07	0,12	0,12	0,13	<0,1	0,14
Железо общее, мг/д ³	<0,05	<0,05	0,08	0,055	0,11	0,11	0,06	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06
Марганец, мг/дм ³	0,013	<0,01	<0,01	0,017	0,015	0,020	0,030	0,017	0,03	0,03	0,03	0,02
Общая минерализация (сухой остаток), мг/дм ³	200	211,00	221,6	236,2	262,4	174,4	174,0	158,7	155,20	169,7	166,0	189,4

Показатели	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Окисляемость , мгО/дм ³	3,91	3,50	3,2	3,27	2,43	3,21	3,25	3,37	3,28	3,14	3,76	3,31
Раствор.кислород, мгО/дм ³	9,53	7,73	7,18	6,64	6,06	10,2	9,11	5,41	8,78	7,97	9,40	11,06
ХПК, мгО/дм ³	13	12,00	9,72	14,58	14	5,16	14,88	13,00	11,76	14,88	13,00	13,60
Хлор остаточный общий, мг/дм ³	0,85	0,84	0,83	0,88	1,01	0,98	0,99	1,13	1,38	1,02	0,99	0,97
Хлор остаточный свободный, мг/дм ³	0,50	0,50	1,48	0,54	0,68	0,63	0,66	0,78	0,98	0,69	0,65	0,63
Хлор остаточный связн, мг/дм ³	0,35	0,34	0,35	0,34	0,33	0,35	0,33	0,35	0,40	0,33	0,34	0,34
Бор, мг/дм ³	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
АПAB, мг/дм ³	0,013	<0,01	0,012	<0,01	<0,01	0,013	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Молибден, мг/дм ³	0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Мышьяк, мг/дм ³	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Алюминий, мг/дм ³	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Общее микробное число, КОЕ/1м	0,9	0,65	0,74	5,5	4,7	2,48	1,37	1,14	2,00	0,93	0,50	0,70
Общие колиформные бак, КОЕ/100мл	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс
Термотолератные, КОЕ/100мл	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс
Споры сульфитредуцирующих клостридий, Число спор/20мл	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс
Колифаги, БОЕ/100мл	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс	отс

В целом состав воды водохранилища остается постоянным в течение года и за многолетний период.

Если сравнивать состав воды на начало эксплуатации и в настоящее время, то можно заметить, что незначительно изменяются следующие показатели (компоненты): мутность, сульфат-ион, кальций, магний, железо общее, фторид-ион, марганец, общая минерализация (сухой остаток), бор, молибден (табл.3).

Таблица 3 – Сравнительный анализ некоторых показателей (компонентов) химического состава [18]

Показатели	1962	2018
Мутность, мг/дм ³	6,05	0,56
Сульфат-ион, мг/дм ³	10,94	10
Кальций, мг/дм ³	45,16	50,25
Магний, мг/дм ³	7,1	8,4
Железо общее, мг/дм ³	0,24	0,07
Фторид-ион, мг/дм ³	0,14	0,12
Марганец, мг/дм ³	0,04	0,02
Общая минерализация (сухой остаток), мг/дм ³	164,375	193,21
Бор, мг/дм ³	0,046	0,05
Молибден, мг/дм ³	0,08	0,05

На начало эксплуатации Кара-Чумышского водохранилища мутность составляла 6,05 мг/дм³ [15], в 2018 г. – 0,56. Содержание сульфат-иона уменьшилось на 0,94 мг/л, что может быть связано с погрешностью метода определения. Содержание кальция и магния возросло более существенно. Данные изменения показаны на диаграмме (рис.12)

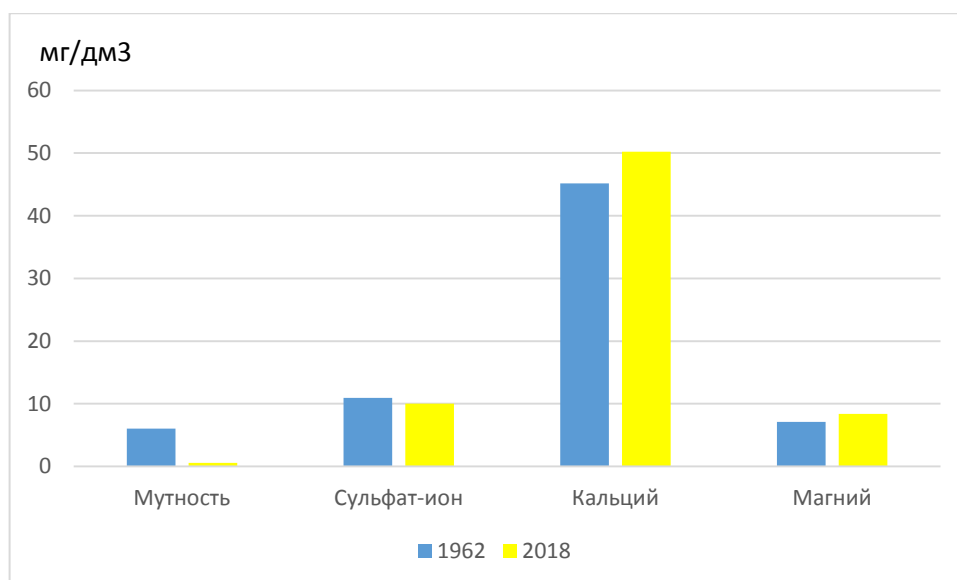


Рисунок 12 – Диаграмма изменения мутности и содержания сульфат-иона, кальция и магния на начало эксплуатации водохранилища и в настоящее время

Значительно уменьшилось содержание общего железа. Также уменьшилось содержание марганца и молибдена (рис.13).

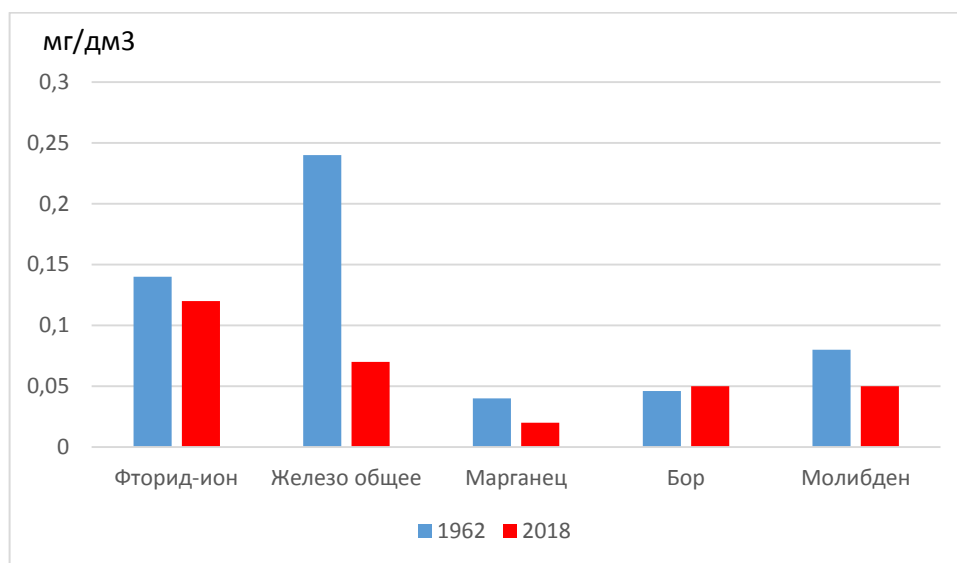


Рисунок 13 – Диаграмма изменения содержания фторид-иона и некоторых микрокомпонентов на начало эксплуатации водохранилища и в настоящее время

Также автором было проанализировано изменение химического состава за последние 5 лет. Величина общей минерализации уменьшается с 2014 по 2016 г., а затем резко увеличивается и остается постоянной в 2017, 2018 гг (рис.14). Аналогично выглядит диаграмма содержания кальция и магния (рис.15).

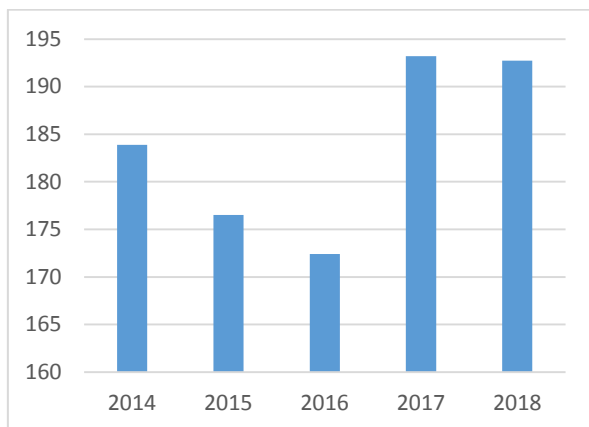


Рисунок 14 – Общая минерализация, сухой остаток, мг/дм³

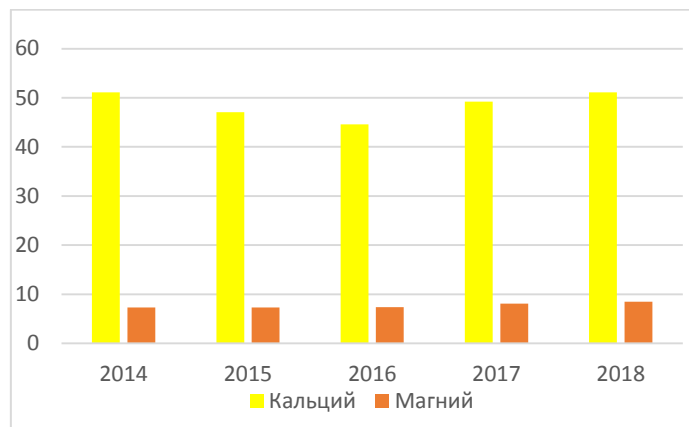


Рисунок 15 – Содержание кальция, магния, мг/дм³

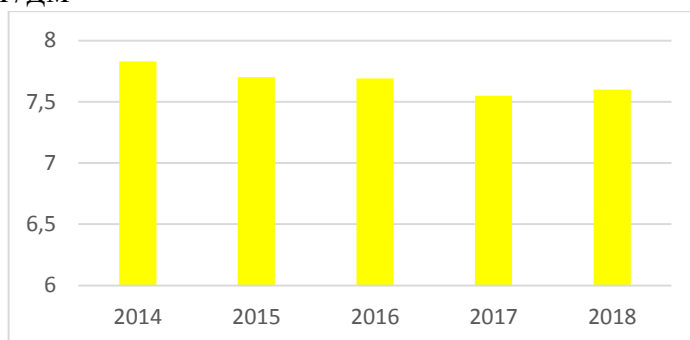


Рисунок 16 – Величина pH в воде Кара-Чумышского водохранилища за пятилетний период

Величина pH изменяется за последние 5 лет незначительно, тем не менее наблюдается тенденция к ее незначительному уменьшению (рис.16).

3.2 Подготовка воды для целей водоснабжения на АО «ПО Водоканал»

3.2.1 Водоочистные Сооружения

Общей производительностью 235 тыс. м³/сутки, из них:

Микрофильтры

Для удаления микроводорослей (планктона) предусмотрены микрофильтры. Здание из керамзитобетонных плит по ж/б каркасу размером 18х30 м. высотой 14м. В здании имеется девять ёмкостей размером 5х5 м., глубиной 4 м, в которых установлены микрофильтры МФ 3х3

производительностью 30 тыс. м³/сутки каждый с редуктором РМ-350 и 3-х скоростным эл. двигателем 3,2КВт. Из них: 8 в работе, 1 - в резерве [22].

Для промывки сеток барабанов микрофильтров в машинном зале установлено 2 насоса 8K18 Q=80 л/сек H=17,5 м. с эл. двигателем мощностью 22КВт п=1450 об/мин.

Для подъёма оборудования установлена кран-балка 11 м., эл.талью с грузоподъёмностью 3т и высотой подъёма 10 м.

Сырая вода по двум трубопроводам D=1000 мм поступает в приёмно-разводящий канал и через трубы D=800 мм подаётся в каждый барабан микрофильтров. После микрофилтрации по трубам D=600 мм отводится в сборный канал, из которого по двум трубам D=1100 мм отводится на смесители.

Водоочистная станция производительностью 75 тыс.м³/сутки

В её состав входят:

а) смесители 1-ой и 2-ой очередей, расположенные в здании реагентного хозяйства, Г- образного прямоугольного сечения размером 3м х 1,5м дырчатого типа с тремя дырчатыми перегородками в каждом смесителе, в каждой перегородке 120 отверстий, по горизонтали-5 шт. и по вертикали-18 шт. D=80 мм.

Объём 1-ой очереди – 69 м³,

2-ой очереди – 58 м³.

Время пребывания воды в смесителях: 1,5 – 2 минуты.

В смеситель вводится в качестве обеззараживающего реагента хлор, дозой до 3 мг/л для первичного обеззараживания воды, и раствор коагулянта ОХА -1% для удаления из воды мелкодисперсной взвеси

Из смесителей вода с введёнными в неё реагентами по трубопроводам D=700 мм поступает в вихревые камеры реакции, совмещённые с 2-х ярусными горизонтальными отстойниками 1-ой и 2-ой очередей.

б) камеры реакции вихревого типа, по четыре штуки в каждой очереди,

(со скоростью восходящего потока – 8,2 м/час; время пребывания воды – 15 минут) соединены трубопроводами с четырьмя горизонтальными 2-х ярусными отстойниками площадью 693 м² и ёмкостью 4500 м³. Горизонтальная скорость движения воды – 9 м/час. Скорость оседания взвеси - 0,46 мм/сек. Время пребывания воды в отстойниках – 3 часа [22].

Из сборных каналов отстойников отстоянная вода по двум трубопроводам D=1000 мм поступает в водоразводящие каналы на фильтры.

в) фильтры скорые в количестве-12 шт с фильтрующей загрузкой высотой-1,8м и площадью 60,84 м² каждый, поддерживающие слои гальки размером: 32 – 16 = 400 мм;

$$16 - 8 = 100 \text{ мм};$$

$$8 - 4 = 100 \text{ мм};$$

$$4 - 2 = 50 \text{ мм};$$

$$0,5 - 1 = 750 \text{ мм}.$$

Площадь одной банки фильтра $3,9 \times 7,8 = 30,42 \times 2 = 60,84(\text{м}^2)$;

центрального канала $0,8 \times 7,8 = 6,24$

полная площадь	67,08 м ²
----------------	----------------------

$$h = 4 \text{ м}, h_{\text{воды}} = 1,5 \text{ м}.$$

Шесть фильтров № 1-6 находятся в фильтровальном зале 1-ой очереди. Шесть фильтров № 7-12 находятся в фильтровальном зале 2-ой очереди.

Восстановление фильтрующей способности фильтров осуществляется промывкой фильтрующей загрузки в восходящем потоке воды. Для промывки фильтров в машинном зале установлены два насоса 24 НДН Q= 3240 м³/час, Н=14м с эл.двигателем мощностью 180 кВт, n=750 об/мин. Забор воды насосами производится из цистерны чистой воды, расположенной тут же. Продолжительность промывки – 6 минут, расход воды на одну промывку – 300 м³.

Фильтроцикл длится 24 часа, т.е. промывка фильтров осуществляется 1 раз в сутки в летний период и 48 часов в зимний период, т.е. один раз в двое суток.

Из сборной цистерны чистой воды по трубопроводу $D=1200$ мм, который разветвляется на трубопроводы $D=700$ мм, вода поступает в два ж/б резервуара чистой воды, объемом по 1000 м^3 каждый [22].

Перед резервуаром в трубопровод $D=1200$ мм для создания остаточного хлора в очищенной воде, вторично вводится хлор.

Водоочистная станция Производительностью 160 тыс. $\text{м}^3/\text{сутки}$

Водоочистная станция производительностью $160\,000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ (блок фильтров и отстойников), в состав которой входят:

1. Смесители 3-ей и 4-ой очередей, расположенные в торцевой части блока очистных сооружений 3-4 очередей объемом $9 \times 6 \times 5 = 220 \text{ м}^3$.

Распределение воды в каждой из них происходит по двум трубопроводам $D=800$ мм с отверстиями $D=150$ мм, расположенными под углом 45° к горизонтали. На каждой трубе выполнены 40 отверстий.

Сбор воды осуществляется тремя трубами $D=800$ мм с затопленными отверстиями $D=150$ мм (26 отверстий в каждой трубе). Скорость движения воды в отверстиях $0,76 \text{ м/сек}$. Время пребывания воды 3,34 минуты при объеме одного смесителя $158,4 \text{ м}^3$.

В качестве обеззараживающего реагента для обработки воды вводится хлор дозой до 3-х мг/л в трубопроводы, подающие воду на смесители и раствор коагулянта ОХА - 1%го для удаления из воды мелкодисперсной взвеси.

Из смесителей вода поступает в камеры реакции 3-4 очередей, суммарной мощностью $160 \text{ тыс. м}^3/\text{сутки}$.

Производительность каждой очереди по $80 \text{ тыс. м}^3/\text{сутки}$.

Размер каждой камеры (которых всего 8) в осях $12 \text{ м} \times 12 \text{ м}$, высота 4 м.

Распределение воды по площади камер хлопьеобразования осуществляется с помощью дырчатых коробов размером $750 \text{ мм} \times 250 \text{ мм}$ (к каждой камере 4 короба), короб имеет отверстия $D=25 \text{ мм}$ по 48 штук на каждую сторону, всего 384 отверстия в каждой камере.

Скорость восходящего потока воды 8,2 м/час. Сбор воды осуществляется тремя водосборными желобами, выполненными из половины трубы D=1000 мм с отверстиями D=40 мм, расположенными под углом 45° к образующей. Каждый жёлоб имеет 84 отверстия. Скорость движения воды в отверстиях 0,19 м/сек. Всего на одну камеру реакции 504 отверстия. Время пребывания воды в камере 32,8 минут [22].

Далее вода поступает в восемь горизонтальных отстойников, размером 73,5 x 12 м² и глубиной 4,0 м каждый. Ёмкость одного отстойника с вихревым реактором 4104 м³. Общая ёмкость 4104 м³ x 8 = 32832 м³.

Средняя горизонтальная скорость движения воды в отстойнике 5,7 мм/сек. Скорость выпадения взвеси 0,6 мм/сек, удаление осадка между сезонными промывками отстойников гидравлическое. Для этого по дну каждой секции проложены два ж/б короба сечением 750 x 200мм² с отверстиями D=23 мм по 138 штук с каждой стороны. Сбор осуществляется жёлобом, установленным в торце отстойника и выполненным из половины стальной трубы D=800 мм. На четыре отстойника (одну очередь) предусмотрен один ж/б карман, шириной 1,5 м.

Время пребывания воды в отстойнике 3 часа 57 минут.

Из четырёх отстойников каждой очереди вода собирается в ж/б карман, из которого поступает по трубопроводам в фильтры 3-4 очередей.

В каждой из очередей по четыре скорых фильтра с крупнозернистой песчаной загрузкой. кварцевый песок и альбитофир размером 0,9-1,8 мм и высотой загрузки 1,8.

Поддерживающие слои гравия: 64 – 32 = 300 мм

32 – 16 = 150 мм;

16 – 8 = 100 мм;

8 – 4 = 100 мм;

4 – 2 = 50 мм;

Всего: 700 мм.

Размер одной банки фильтра: длина – 11,75 м, ширина – 5,00 м.

Дренаж большого сопротивления из чугунных перфорированных труб $D=150$ мм. В каждой секции 31 труба, в каждой 52 отверстия $D=10$ мм. Размер фильтра в плане 12×12 м², общая площадь фильтра 120 м², полезная площадь – 117,5 м², ширина центрального канала 1,25 м.

Высота кромки смывного жёлоба под поверхностью песчаной загрузки 0,80 м, высота жёлоба 0,70 м, высота слоя воды 1,72 м.

Рабочий уровень воды на фильтрах над желобами должен быть 0,92 м. Скорость фильтрации – 8,4 м/час, фильтроцикл 24 часа летом и 48 часов зимой.

Восстановление фильтрующей способности фильтров осуществляется промывкой песка в восходящем потоке воды. Для промывки фильтров в машинном зале насосной станции 2-го подъёма установлены 3 насоса 24 НДН $Q=4700$ м³/час, $H=20$ м с эл. двигателем мощностью 320 кВт, $n=750$ об/мин. Забор воды промывными насосами производится из резервуара чистой воды, ёмкостью 3000 м³. Продолжительность промывки – 6 минут, расход воды на одну промывку – 760 м³, интенсивность промывки фильтров – 17 л/сек на 1 м². Фильтр промывается до тех пор, пока уходящая в сливной жёлоб вода не станет прозрачной. Сбор и отвод промывной воды из фильтра осуществляется шестью желобами [22].

Профильтрованная и вторично хлорированная вода поступает в ж/б резервуар чистой воды объёмом 3000 м³.

Хлор вторично вводится в сборные трубопроводы «чистой воды» после фильтров 3-4 очереди.

Резервуар чистой воды ёмкостью 3000 м³ рассчитан на 17 минут работы насосной станции 2-го подъёма

Вода очистные сооружения 1-2 очереди проходит за 3 часа 20 минут,
очистные сооружения 3-4 очереди проходит за 4 часа 20 минут.

Хлораторная производительностью 50 Кг/Час

Хлораторная производительностью 50 кг/час совмещена со складом хлора, ёмкостью 30 т. Построена в 1976 году отдельным одноэтажным зданием без подвала. Площадь хлораторной с учётом бытовых помещений равна $12 \times 12 = 144 \text{ (м}^2\text{)}$, площадь склада хлора – $12 \times 24 = 288 \text{ м}^2$. Вентиляция хлораторной и расходного склада хлора – вытяжная.

Поставка контейнеров с хлором осуществляется автомобильным транспортом. Для разгрузки контейнеров с хлором с автомашин и транспортировка в склад, а также пустых контейнеров из склада предусмотрены эл.таль грузоподъёмностью 3 т и кран-балка с эл.талью грузоподъёмностью 3 т. Хлораторная с расходным складом оборудована водопроводом и канализацией. Хлораторная и расходный склад имеют по два выхода с дверями.

Лаборатория

Химико-бактериологическая лаборатория на очистных сооружениях Кара-Чумышского гидроузла создана в 1954 году. Назначение лаборатории – осуществлять контроль за техническими показателями работы сооружений: составом загрузочных материалов в фильтрах, за качеством поступающих на станцию реагентов. Основная задача лабораторно-производственного контроля – своевременно сигнализировать о возможных нарушениях режима водоочистки и необходимости его изменения. На проведение анализов лаборатория имеет лицензию [22].

3.3 Насосные станции

Насосная станция 1-го подъёма, совмещённая с насосной станцией технической воды

Насосная станция 1-го подъёма имеет в плане размер $18 \times 30 \text{ м}^2$, высота здания в надземной части 7,5 м и 4,5 м в подземной.

В насосной станции 1-го подъёма установлены насосы:

- 22 НДС Q=3600 м³/час Н = 52 м. вод ст с эл.двигателем 630 кВт – 1 штука ,
- 22 НДС Q=3600 м³/час Н = 52 м. вод.ст. с эл.двигателем 800 кВт – 1 штука,
- Д 4000-95-1 22 Q=4000 м³/час Н = 95 м с эл.двигателем 630 кВт – 2 штуки,

Из этих 4-х насосов 2 являются рабочими и 2 резервными.

Кроме того установлен дополнительный агрегат 300Д-90 с подачей 950 м³/час и напором Р=90 м. вод ст. с эл.двигателем, мощностью 250 кВт.

Насосная станция 1-го подъёма служит для подачи воды с водохранилища на очистные сооружения гидроузла.

Для подъёма оборудования установлен мостовой кран, грузоподъёмностью 10 т [22].

Насосная станция технического водовода имеет в плане размер 6 х 12 м², высота здания в надземной части 9,8 м и 4,5 м в подземной.

В насосной станции технического водовода установлены 2 насоса (один рабочий и один резервный) АЦН 1000/180 Q= 1000 м³/час и Н=180 м с электродвигателем мощностью 630 кВт и п=1450об/мин.и один насос марки ЦНС 300/180 Q= 300 м³/час и Н=180 м с электродвигателем мощностью 250 кВт и п=1450об/мин Насосная станция технического водовода служит для подачи технической воды водохранилища на нужды котельных г.Прокопьевска. Вода подаётся по одному водоводу D=500 мм. Для подъёма оборудования установлена кран-балка, грузоподъёмностью 3 т [22].

Насосная станция 2-го подъёма № 1 (1-2 очередей)

Имеет в плане размер 24 х 33 м², глубина в подземной (выполнена из бутобетона) части 3,3 м и высота здания в надземной (сделана из кирпича) 4,0 м.

В насосной станции установлены 6 насосов (1 - рабочий и 5 резервных) АЦН 1000/180 $Q = 1000 \text{ м}^3/\text{час}$ и $H = 180 \text{ м}$ с электродвигателем мощностью 630 кВт и $n = 1450 \text{ об/мин.}$ и два насоса марки ЦНС 300/180 $Q = 300 \text{ м}^3/\text{час}$ и $H = 180 \text{ м}$ с электродвигателями мощностью 250 кВт и $n = 1450 \text{ об/мин}$

Насосная станция 2-го подъёма служит для подачи обработанной питьевой воды потребителям на узел 1 «А».

Для подъёма оборудования установлен кран-балка, грузоподъёмностью 5 т и длиной 6,5 м, с ручной талью, грузоподъёмностью 5 т [22].

Насосная станция 2-го подъёма № 2 (3-4 очереди)

Имеет в плане размер $18 \times 42 \text{ м}^2$, глубина подземной части 3,75 м и высота надземной части, сделанной из керамзитобетона по ж/б каркасу 9,45 м.

В насосной станции установлены:

- 4 насоса (2 - рабочих и 2 резервных) 28М-12х2 $Q = 3400 \text{ м}^3/\text{час}$ и $H = 144 \text{ м}$ с электродвигателем мощностью 2500 кВт и $n = 1000 \text{ об/мин}$ для подачи обработанной питьевой воды потребителям.

- 3 насоса (2 - рабочих и 1 резервный) 24 НДН $Q = 4700 \text{ м}^3/\text{час}$ $H = 20 \text{ м}$ с эл.двигателем 320 кВт $n = 750 \text{ об/мин}$ для подачи воды на промывку фильтров.

- 5 насосов 4К6 $Q = 90 \text{ м}^3/\text{час}$ $H = 100 \text{ м}$ с эл.двигателем 55 кВт $n = 2900 \text{ об/мин}$ для хоз.питьевых нужд.

Для монтажа оборудования установлен мостовой однобалочный кран, грузоподъёмностью 5 т и длиной 16,5 м с эл.двигателем, грузоподъёмностью 5 т и высотой подъёма 12 м.

Обработанная питьевая вода, соответствующая СанПиН забирается насосами насосной станции № 1 из резервуара чистой воды № 1 и № 2, ёмкостью по 1000 м^3 , и насосами насосной станции № 2 из резервуара чистой воды, ёмкостью 3000 м^3 , которая по водоводам (двум $D = 600 \text{ мм}$, одним

D=900 мм и одним D=720 мм) подаётся на распределительный узел 1«А» на высоту более 100 м, откуда распределяется :

в г. Прокопьевск по двум водоводам D=500 мм и по одному водоводу D=720 мм, который за р.Егос переходит в водовод D=900 мм и идёт до узла № 10 (кроме этого в г.Прокопьевск минуя узел 1 «А» идёт трубопровод D=720 мм до узла № 10),

в г. Киселёвск по двум водоводам D=500 мм и D=400 мм до узла № 7 и одному водоводу D=700 мм до узла № 3.

Насосные станции вторых подъёмов оснащены приборами учёта воды. Водомеры установлены на двух водоводах D=600 мм, одном водоводе D=700 мм и одном водоводе D=900 мм [22].

3.4 Технологический процесс работы сооружений гидроузла

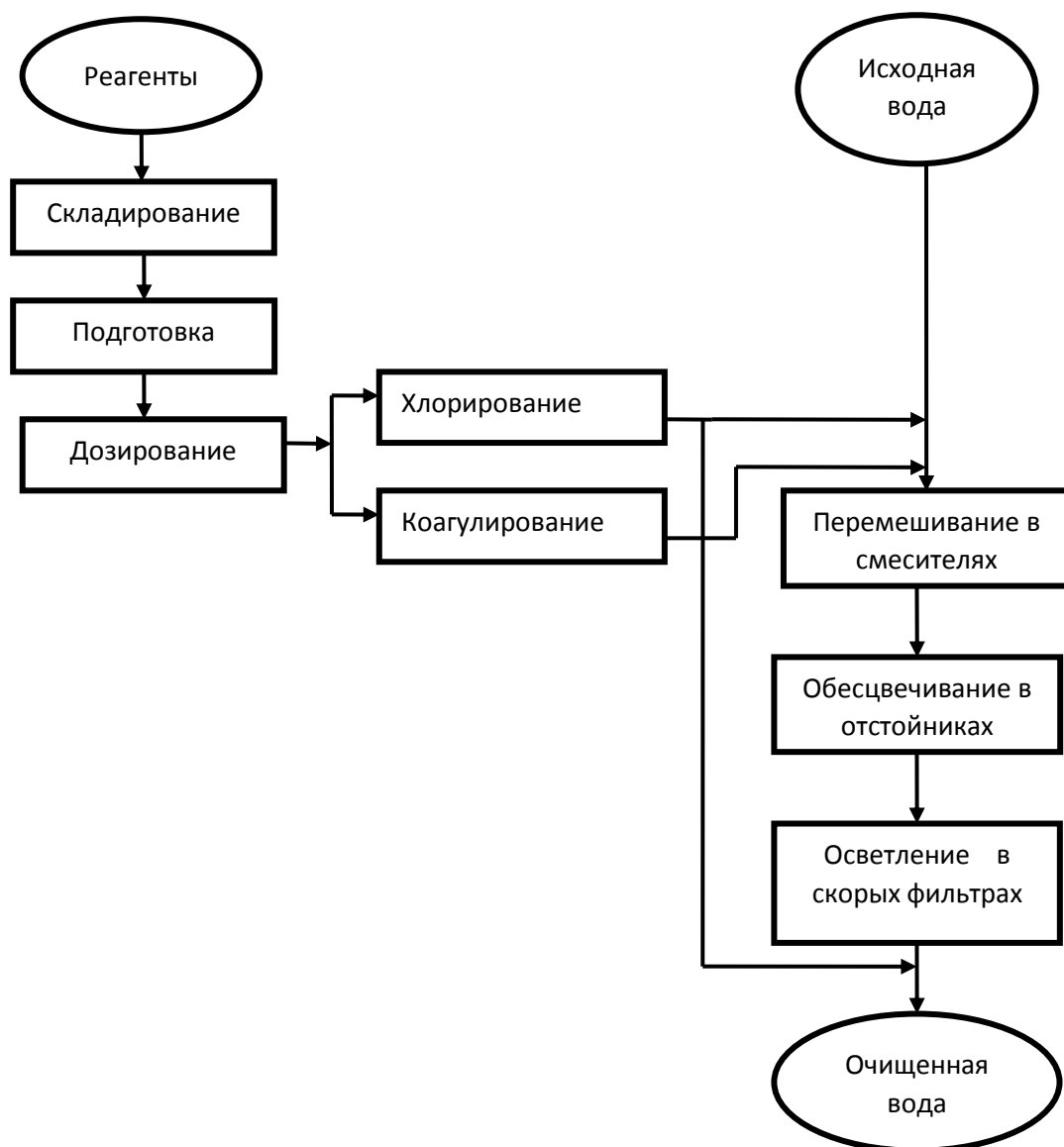


Рисунок 17 – Технологическая схема очистки воды [22]

Забор воды из Кара-Чумышского водохранилища осуществляется водоприёмной башней в зависимости от уровня воды в водохранилище с верхнего горизонта или нижнего горизонта забора воды по двум всасывающим водоводам, диаметрами 1400, 1600 мм. Каждый всасывающий водовод рассчитан на 100% пропускной способности воды на очистные сооружения гидроузла. Из водоприёмной башни вода поступает в насосную станцию 1-го подъёма и насосную станцию технической воды.

Насосная станция технической воды состоит из двух агрегатов ЦН 1000/180 и одного агрегата ЦНС 300/180, напорного водовода диаметром 500

мм. Подача воды в зимний, осенний и весенний периоды осуществляется одним агрегатом ЦН 1000/180, в летний период агрегатом меньшей производительности ЦНС 300/180. Давление на напорном водоводе поддерживается в пределах 1,2-1,45 мПа, регулировка давления осуществляется дросселированием задвижки на обводном водоводе диаметром 200 мм, подающем воду на очистные сооружения гидроузла.

Насосная станция 1-го подъёма состоит из пяти насосных агрегатов: двух агрегатов 22НДС, двух агрегатов Д4000-95-2, одного агрегата Д-300-90. Вода с насосной станции 1-го подъёма на очистные сооружения гидроузла подаётся по двум водоводам диаметром 1200 мм.

Постоянно на насосной станции 1-го подъёма находятся в работе два агрегата из марок 22НДС, Д4000-95-2, объём подачи воды на очистные сооружения осуществляется с помощью напорных задвижек насосов. Давление воды в напорном водоводе находится в пределах 0,4 мПа.

Схема подачи воды на сооружения, предусматривает возможность предварительной очистки воды на микрофильтрах от фитопланктона и зоопланктона.

Очистные сооружения гидроузла состоят из сооружений 1-2 очереди и сооружений 3-4 очереди.

Вода на очистные сооружения 1-2 очереди подаётся по двум водоводам диаметром 700 мм, направляется на смесители, где производится её первичное хлорирование и осуществляется ввод коагулянта в воду. После перемешивания воды с реагентами вода поступает на вихревые реакторы 1-2 очереди, где происходит процесс хлопьеобразования. После прохождения вихревых реакторов вода поступает в двухъярусные горизонтальные отстойники, где происходит выпадение коагулированной взвеси. После прохождения отстойников вода по водоводам диаметром 1000 мм поступает на скорые фильтры, где она фильтруется через слой альбитофира и поступает в сборный резервуар, расположенный в здании фильтров 1-2 очереди. Из сборного резервуара вода поступает в два резервуара чистой воды, где

происходит вторичное хлорирование воды. Объём каждого резервуара составляет 1000м^3 [22].

Из резервуаров чистой воды по двум водоводам диаметром 600 мм вода поступает в насосную станцию 2-го подъёма 1-2 очереди.

В состав насосной станции 2-го подъёма 1-2 очереди входит шесть насосных агрегатов ЦН 1000/180 и два насосных агрегата ЦНС 300/180, постоянно в работе находится один насосный агрегат ЦН 1000/180, и в зависимости от требуемого давления, запускается дополнительно ЦНС 300/180. Подача воды с насосной станции 2-го подъёма осуществляется по трём напорным водоводам диаметрами 600, 600, 700 мм [22].

Вода на очистные сооружения 3-4 очереди подаётся по двум водоводам диаметром 1000 мм, направляется на смесители вихревого типа, где производится первичное хлорирование и осуществляется ввод коагулянта в воду. После перемешивания воды с реагентами, вода поступает в камеры хлопьеобразования, где происходит процесс хлопьеобразования. Камеры хлопьеобразования совмещены с отстойниками. По лоткам с камер хлопьеобразования вода поступает в отстойник, где происходит выпадение коагулированной взвеси. После прохождения по отстойнику вода по сборным лоткам с отстойника поступает в общий сборный канал. Со сборного канала вода по распределительным трубам поступает на скорые фильтры, где она проходит через фильтрующий слой альбитофира и поступает в резервуар чистой воды 3-4 очереди, где происходит вторичное хлорирование воды. Объём резервуара чистой воды составляет 3000 м^3 .

Из резервуара чистой воды, по двум водоводам диаметром 1200 мм, вода поступает в насосную станцию 2-го подъёма 3-4 очереди.

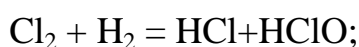
В состав насосной станции 2-го подъёма 3-4 очереди входит четыре основных насосных агрегатов 28М-12-2а и три промывных насосных агрегата 24 НДН. Постоянно в работе находится два насосный агрегат 28М-12-2а, на время промывки фильтров запускаются два промывных агрегата 24

НДН. Подача воды с насосной станции 2-го подъёма осуществляется по двум напорным водоводам диаметрами 900 мм [22].

3.5 Основные технологические параметры процесса

Описание процесса хлорирования воды

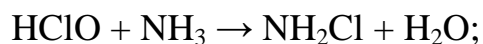
Хлорирование является наиболее распространённым способом для обеззараживания воды. При хлорировании воду обрабатывают газообразным хлором. Введённый в воду газообразный хлор гидролизуется, образуя хлорноватистую и соляную кислоты:

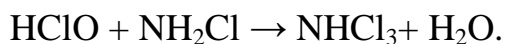


Процесс обеззараживания воды хлором протекает в две стадии: сначала хлор диффундирует через оболочку клетки микроорганизма, затем вступает в реакцию с ферментами. Скорость процесса определяется кинетикой диффузии хлора внутрь клетки и кинетикой отмирания клеток вследствие нарушения метаболизма. С увеличением концентрации хлора в воде, повышением её температуры и переводом хлора в сравнительно легко диффундирующую, недиссоциированную форму общая скорость процесса обеззараживания возрастает [22].

Бактерицидность хлора в воде уменьшается с повышением pH. В случае присутствия в воде органических соединений, способных окисляться, или восстановителей, а также коллоидных и взвешенных веществ, которые могут обволакивать бактерии, процесс обеззараживания воды замедляется.

Если в воде присутствует аммиак, аммонийные соли или органические вещества, содержащие аминогруппы, с ними в реакцию вступают хлор, хлорноватистая кислота и гипохлориты; при этом образуются моно- и дихлорамины:





Эти соединения обладают также бактерицидным действием, так как при гидролизе выделяют активный хлор.

Молекулярный хлор, хлорноватистую кислоту и ионы гипохлорита называют свободным хлором, в отличие от связанного хлора, входящего в состав хлораминов. Свободный хлор в 20-25 раз более бактерицидный, чем связанный хлор. Для гарантии обеззараживающего действия в воде поддерживают остаточные концентрации свободного или связанного хлора в пределах от 0,3 до 1,2 мг/л. Эти концентрации зависят от результатов бак.анализов исходной и проходящей по сооружениям воды.

Кроме того, хлор выступает и в качестве окислителя для уменьшения цветности воды [22].

Воду обрабатывают хлором при помощи специальных аппаратов – хлораторов АХВ-1000, в которых контролируется расход газообразного хлора. Хлорная вода готовится в отдельно стоящих эжекторах, а затем смешивается со всей массой поступающей воды.

Описание процесса коагулирования воды

Удаление реагентными методами примесей, обуславливающих цветность и мутность исходной воды, основано на применении коагулянтов. Под действием коагулянтов очень маленькие, чрезвычайно дисперсные коллоидные частички объединяются вместе в большие массы (хлопья), которые затем, после флокуляции, можно удалить такими методами разделения твердой и жидкой фазы, как осаждение, флотация и фильтрация.

Коллоидные частицы присутствуют практически в любой неочищенной воде. Они являются главной причиной неприятного вкуса, цвета, запаха и мутности питьевой воды. Эти частицы могут быть:

- **минеральные:** осадочные породы, коллоидные глины, гидроокиси и соли металлов.

- **органические:** гуминовые и фульвиновые кислоты, образующиеся при разложении растительных и животных остатков, красители, поверхностно-активные вещества и т.д.

- **биологическими:** микроорганизмы (болезнетворные или нет), включая бактерии, планктон, водоросли и вирусы.

Каково бы ни было их происхождение, эти коллоидные частицы очень малы - менее 1 микрона в диаметре. Вследствие этого отношение их поверхности к массе становится настолько большим, что суммарный отрицательный электрический заряд на их поверхности вызывает взаимное отталкивание частиц. Электростатические силы отталкивания препятствуют самопроизвольному слиянию коллоидных частиц и образованию больших масс, легко удаляемых в процессе очистки. Положительно заряженные коагулянты нейтрализуют отрицательный заряд, окружающий коллоидные частицы. Когда заряд вокруг каждой частицы нейтрализован, они постепенно сближаются, уменьшая свой эффективный радиус, становятся, в конце концов, неустойчивыми и могут сталкиваться друг с другом. При столкновении частицы соединяются друг с другом за счет водородных связей, образуя большие массы, или хлопья [22].

Для коагулирования воды на станции предусмотрено применение оксихлорида алюминия (ОХА) $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Использование ОХА при водоподготовке по сравнению с сульфатом алюминия (СА) дает следующие преимущества:

- в несколько раз меньше применяемая доза;
- практически не изменяется рН очищенной воды, что исключает дополнительное подщелачивание исходной воды;

- более активное хлопьеобразование при низких температурах $t < 4^{\circ}\text{C}$;
- сильное бактерицидное действие, что позволяет снизить до минимума дозу первичного хлорирования и, как следствие, снизить токсичные хлорорганические соединения в очищенной воде;
- в некоторых случаях позволяет отказаться от применения флокулянтов;
- в несколько раз меньше содержание остаточного алюминия в обработанной воде;
- меньший объем осадка;
- снижается коррозионная активность воды.

Таблица 3 – Перечень показателей и кратность контроля качества воды для водопроводных сооружений из Кара-Чумышского гидроузла [22]

№ п/п	Перечень контролируемых показателей	Точки и кратность отбора	
		Вода из Кара-Чумышского водохранилища (до очистки и обеззараживания)	Вода из РЧВ Кара-Чумышского гидроузла перед подачей в водопроводную сеть города (после очистки и обеззараживания)
1	2	3	4
Микробиологические, вирусологические и санитарно-паразитологические показатели			
1	Термотолерантные колиформные бактерии	ежедневно	ежедневно
2	Бактерии семейства Enterobacteriaceas	ежедневно	ежедневно
3	Общее микробное число	ежедневно	ежедневно
4	Патогенная микрофлора	2 раза в месяц	при обнаружении общих или термотолерантных колиформных бактерий
5	Споры сульфитредуцирующих клостридий	2 раза в месяц	2 раза в месяц
6	Коли-фаги	2 раза в месяц	2 раза в месяц
7	Антиген гепатита А	1 раз в месяц	1 раз в месяц
8	Ротавирусы	1 раз в месяц	1 раз в месяц
9	Энтеровирусы	1 раз в месяц	1 раз в месяц

1	2	3	4
10	Цисты лямбли и яйца гельминтов	1 раз в месяц	1 раз в месяц
Органолептические показатели			
11	Запах	1 раз в месяц	1 раз в месяц
12	привкус	1 раз в месяц	1 раз в месяц
13	цветность	1 раз в месяц	1 раз в месяц
14	мутность	1 раз в месяц	1 раз в месяц
Остаточное количество реагентов			
15	Хлор остаточный свободный		1 раз в час
16	Хлор остаточный связанный		1 раз в час
Обобщенные показатели			
17	Водородный показатель	ежедневно	ежедневно
18	Общая минерализация (сухой остаток)	1 раз в месяц	1 раз в месяц
19	Жесткость	ежедневно	ежедневно
20	Окисляемость перманганатная	ежедневно	ежедневно
21	ХПК	1 раз в месяц	1 раз в месяц
22	БПК полн.	1 раз в месяц	
23	Нефтепродукты (сумарно)	1 раз в месяц	1 раз в месяц
24	Фенольный индекс	1 раз в месяц	1 раз в месяц
25	ПАВ	1 раз в месяц	1 раз в месяц
Неорганические вещества			
26	Бор (суммарно)	1 раз в месяц	1 раз в месяц
27	Железо	1 раз в месяц	1 раз в месяц
28	Марганец	1 раз в месяц	1 раз в месяц
29	Медь	1 раз в месяц	1 раз в месяц
30	Молибден	1 раз в месяц	1 раз в месяц
31	Мышьяк	1 раз в месяц	1 раз в месяц
32	Нитраты	ежедневно	ежедневно
33	Ртуть	1 раз в месяц	1 раз в месяц
34	Свинец	1 раз в месяц	1 раз в месяц
35	Селен	1 раз в месяц	1 раз в месяц
36	Сульфаты	1 раз в месяц	1 раз в месяц
37	Фториды	1 раз в месяц	1 раз в месяц
38	Хлориды	ежедневно	ежедневно
39	Цинк	1 раз в месяц	1 раз в месяц

Дополнительный перечень контроля химических веществ			
40	Аммиак	ежедневно	ежедневно
41	Магний	1 раз в месяц	1 раз в месяц
42	Нитриты	ежедневно	ежедневно
Хлорорганические соединения			
43	ДДТ	1 раз в квартал	1 раз в квартал
44	ДДД	1 раз в квартал	1 раз в квартал
45	ДДЕ	1 раз в квартал	1 раз в квартал
46	Линдан	1 раз в квартал	1 раз в квартал
47	Альфа-ГХЦГ	1 раз в квартал	1 раз в квартал
48	Бетта-ГХЦГ	1 раз в квартал	1 раз в квартал
Радиологические исследования			
49			2 раза в год
Галогенсодержащие соединения			
50	Хлороформ	1 раз в месяц	1 раз в месяц
51	Дихлорбромметан	1 раз в месяц	1 раз в месяц
52	Дибромхлорметан	1 раз в месяц	1 раз в месяц

3.6 Анализ химического состава воды до и после водоподготовки

После водоподготовки в воде уменьшается цветность (рис.19), величина рН (рис. 18), существенно уменьшается содержание железа (рис.20), содержание хлорид-иона увеличивается (рис.21).

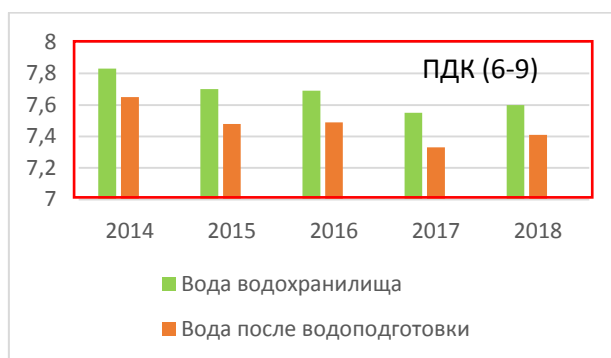


Рисунок 18 – Величина pH

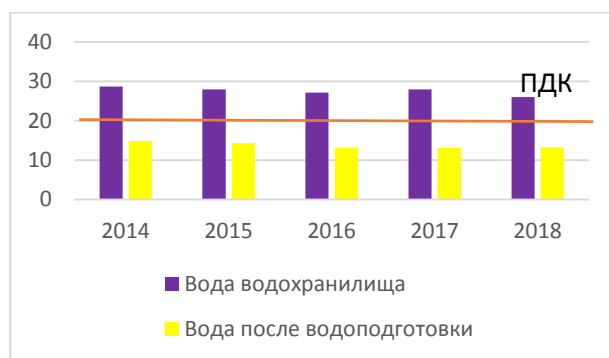


Рисунок 19 –Цветность воды, градусы

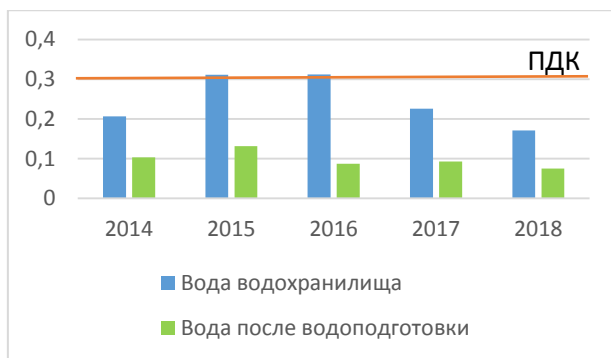


Рисунок 20 – Содержание железа, мг/дм³



Рисунок 21 – Содержание хлорид-иона, мг/дм³

Таблица 4 – Химический состав воды водохранилища и после водоподготовки [18]

Показатель (компонент)	2014		2015		2016		2017		2018	
	Вода водохранил ища	Вода после водопод готовки	Вода водохр анили ща	Вода после водоподгот овки	Вода водохра нилища	Вода после водоподгот овки	Вода водохран илища	Вода после водоподгото вки	Вода водохранили ща	Вода после водоподготовки
Цветность, град	28,71	14,89	27,92	14,27	27,14	13,18	27,92	13,07	26,01	13,24
Хлорид-ион, мг/дм ³	3,17	8	2,32	7	1,67	10	2,28	9	3,23	6
рН	7,83	7,65	7,7	7,48	7,69	7,49	7,55	7,33	7,6	7,41
Железо общее	0,206	0,103	0,311	0,131	0,312	0,087	0,226	0,093	0,171	0,075
Общая минерализа- ция (сухой остаток), мг/дм ³	183,9	184,4	176,51	175,07	177,2	170,22	193,2	188,3	192,72	193,22

4 Эксплуатации водохранилища

Согласно данным отчетности по форме № 2-тп (водхоз) за период 2014-2017 гг., предоставленным АО «ПО Водоканал», объемы забора (изъятия) водных ресурсов из водохранилища и их использования сокращаются (рис. 22). Определенной тенденции изменения объемов водоотведения не выявлено.

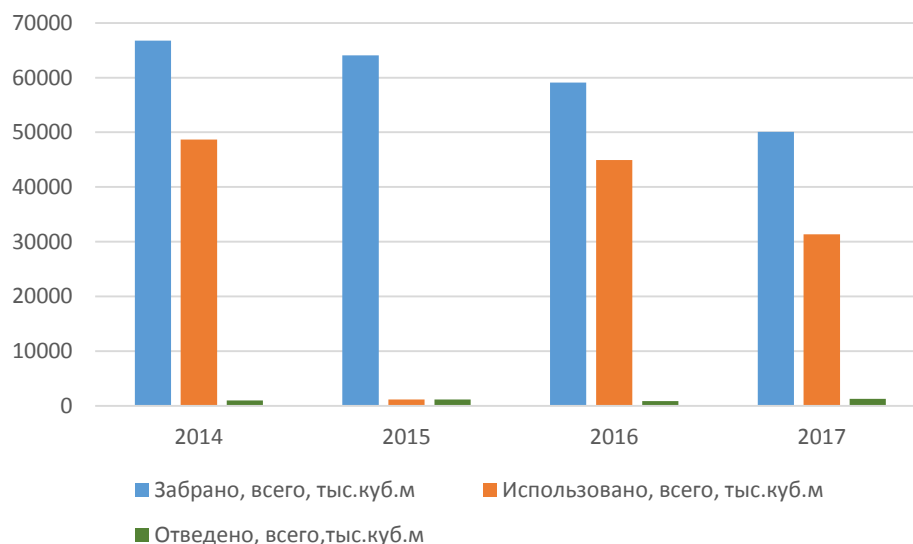


Рисунок 22 – Диаграмма водопользования АО «ПО Водоканал»

Без изъятия водных ресурсов водохранилище используется для целей рыболовства и рекреации.

Водохранилище является рыбохозяйственным водоемом I категории, используется для любительского и спортивного рыболовства преимущественно местными жителями и жителями городов Прокопьевск и Киселевск.

Заключение

Кара-Чумышское водохранилище используется для хозяйственного-питьевого водоснабжения гг. Прокопьевск и Киселевск в течение 62 лет.

За это время произошли изменения береговой линии. Экзодинамические процессы в прибрежной части Кара-Чумышского водохранилища не получили значительного развития. Исключение составляет незначительное обрушение берегов, связанное со сработкой уровня. На правом берегу водохранилища, на участке, прилегающем к гидроузлу, отмечен растущий молодой овраг, длина которого составляет 150 м, ширина – 5-10 м в устьевой части. Глубина оврага изменяется от 0,5 м в верхней части до 5-7 м в устье [23].

Территория водосбора водохранилища является привлекательной для развития территорий селитебной застройки. Так с 2004 по 2018 г. увеличилась площадь земель, занимаемых садоводческими обществами. Территории селитебной застройки увеличились за счет освоения новых территорий и перевода категории земель из рекреационных в земли селитебной застройки.

Анализируя химический состав воды водохранилища можно сделать вывод, что изменения в основном происходили на начальной стадии эксплуатации. Это связано с естественными процессами. Вода водохранилища пресная (172,42-197 мг/л), слабощелочная (7,53-7,83), гидрокарбонатная кальциевая, мягкая или умеренно жесткая (2,92-3,42 мг-экв/л). За многолетний период наблюдаются незначительные колебания величины рН, общей минерализации, кальция, магния.

Водоподготовку перед подачей воды населению осуществляет АО «ПО Водоканал». После водоподготовки в воде уменьшается цветность, величина рН, существенно уменьшается содержание железа, содержание хлорид-иона увеличивается. Подаваемая вода соответствует требованиям СанПин 2.1.4.1074-01.

Рост антропогенной нагрузки на территорию водосбора (увеличение населенных пунктов не оборудованных централизованной системой водоотведения, неорганизованный туризм, мусорные свалки, разрушающиеся здания детских лагерей и т.д.) в настоящее время не сказывается на составе вод водохранилища. Но при дальнейшем увеличении антропогенной нагрузки, это может отразиться в увеличении некоторых компонентов химического состава и бактериологического загрязнения.

При освоении новых территорий следует уделять особое внимание коттеджным поселкам, строящимся в непосредственной близости от границы водоохранной зоны. На таких территориях необходимо уделять особое внимание созданию мероприятий, минимизирующих негативное влияние на окружающую природную среду.

Список используемых источников:

1. Андреева О.С. Развитие системы особо охраняемых природных территорий в индустриальном регионе (на примере Кемеровской области): Дисс. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук. – Барнаул, 2002. – 98 с.
2. Антипов А.Н., Федоров В.Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории. – Новосибирск, 2000. – 254 с.
3. Вдовин В.В., Малолетко А.М. Салаирский кряж // Алтае-Саянская горная область. – М.: Наука, 1969. – 121-157 с.
4. Водоснабжение гг. Прокопьевска, Киселевска. Реконструкция гидроузла на р. Кара-Чумыш: проект 1056-1-0-ПЗ (РП). – Т. 1. – Кн. 1. Пояснительная записка. – СО Союзводоканалпроект. – Новокузнецк, 1988.
5. Воскресенский С.С. Геоморфология Сибири. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – 352 с. Геворков В.Р. Характеристики спутников высокого разрешения // Пространственные данные. – 2005. – № 1. – 28-41 с.
6. Город Прокопьевск. Кара-Чумышское водохранилище. Водохозяйственные расчеты. – ФГУП "Сибирский Водоканалпроект". – Проект 1056.P5. - Новокузнецк. – 2015.
7. Декларация безопасности Кара-Чумышского гидроузла. – ОАО "Водоканал" г. Прокопьевск. – Прокопьевск. – 2000.
8. Доклад о состоянии окружающей природной среды Кемеровской области в 2001 г.: Государственный доклад. – Кемерово. – 2002 г.
9. Лашинский Н.Н.-мл., Ревякина М.П. Природные условия Салаирского кряжа // Экология сообществ черневых лесов Салаира. – Новосибирск: Наука, 1991 – С. 6-13.
10. Мамонтова Е. А. Опыт купоросования Кара-Чумышского водохранилища // Кара-Чумышское водохранилище как источник питьевого водоснабжения. – Новосибирск, 1959. – С. 39-42.
11. Нехорошев В.П. Геология Алтая. – М.: Мосгеолтехиздат, 1958 – 264 с.

12. Оксиюк О.П., Жукинский В.Н. Методические приемы использования эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. – 1983. – Т. 19, № 5 – С. 63-67
13. Паньков А.Н. Санитарно-гигиеническая оценка Кара-Чумышского водохранилища // Кара-Чумышское водохранилище как источник питьевого водоснабжения. – Новосибирск, 1959. – С. 58-67.
14. Паньков А.Н. Состояние снабжения городов Прокопьевска и Киселевска питьевой водой и естественно-гидрологическая характеристика Кара-Чумышского водохранилища // Кара-Чумышское водохранилище как источник питьевого водоснабжения. – Новосибирск, 1969. – С. 7-12.
15. Попова Т.Г. Фитопланктон Кара-Чумышского водохранилища // Кара-Чумышское водохранилище как источник питьевого водоснабжения. – Новосибирск, 1959. – С. 25-38.
16. Правила использования Кара-Чумышского водохранилища. Правила использования водных ресурсов Кара-Чумышского водохранилища. Пояснительная записка. Проект. 54-13/05- ПИВР-ПЗ. – Барнаул, 2013 г. – 96с.
17. Проект. Зоны санитарной охраны Кара-Чумышского гидроузла. – Барнаул 2005 г. – 40с.
18. Протокол лабораторных испытаний воды с 2014-2018 гг. на предприятии АО «ПО Водоканал».
19. Реконструкция гидроузла на р. Кара-Чумыш: Рабочий проект. – Т. 1.- Кн. 1. Пояснительная записка и чертежи. – СО Союзводоканалпроект. - Новокузнецк. – 1988.
20. Ронгинская А.В. Динамические процессы в луговых фитоценозах на примере лугов Салаирского кряжа. – Новосибирск: Наука, 1988. – 158 с.
21. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Объект: «Гидроузел на р. Кара-Чумыш АО «ПО Водоканал», Проектно-строительная Ассоциация «Спецфундаментстрой» ООО «Геотехника», г. Кемерово 2006 г.

22. Технический паспорт сооружений гидроузла на р. Кара-Чумыш для водоснабжения гг. Прокопьевска и Киселевска. – ПУ "Кузбассводоканал". - Прокопьевск. – 1984.

Нормативная литература:

23. ГОСТ 12.0.003-2015 Межгосударственный стандарт. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

24. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

25. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

26. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

27. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

28. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

29. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

30. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

31. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

32. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

33. ГОСТ 27574-87 ССБТ. Костюмы женские для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия.

34. ГОСТ 27575-87. Костюмы мужские для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Технические условия.

35. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
36. Налоговый кодекс РФ;
37. Правила по технике безопасности при производстве наблюдений и работ на сети Госкомгидромета. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983(3)
38. Приказ Минздрава России от 21.03.2014 N 125н «Об утверждении национального календаря профилактических прививок и календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям» (ред. от 19.02.2019).
39. ПУЭ «Правила устройства электроустановок», издание 6. – М.: Минэнерго РФ, 2000
40. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
41. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (с изменениями на 21 июня 2016 года).
42. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
43. СанПиН 2.24.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
44. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
45. СНиП 12-03–2001. Безопасность труда в строительстве. Часть I. Общие требования: утв. постановлением Госстроя России от 23.07.2001 № 80. – Москва: Госстрой России, 2001 г.
46. СП 112.13330.2011. Пожарная безопасность зданий и сооружений. СНиП 21-01-97.

47. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1.

48. СП 3.1.3.2352-08. Профилактика клещевого энцефалита.

49. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

50. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.

51. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

52. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

53. Федеральный закон от 24.07.1998г. №125 «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

54. Федеральный закон от 31.12.2017 N 484-ФЗ «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов»;

55. ФЗ от 19.06.2000 N 82- «О минимальном размере оплаты труда (с изменениями на 25 декабря 2018 года)».

56. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

57. Федеральный закон от 24.07.1998г. №125 «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Приложение А
(справочное)

**Study of the Kara-Chumysh reservoir according its use as water supply for
Prokopenvsk city**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM71	Хафизова Камила Ильгамовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОГ	Пасечник Е.Ю	к.г-м.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Айкина Т.Ю.	к.ф.н.		

Human-made transformation of catchment landscapes

High volume pollution sources, such as industrial and livestock wastes, were not settled. There were no farmlands and big human settlements established on the shorelines of the reservoir. The right west waterside is mostly everywhere forested and can be characterized as less modified area. This forest range refers to the Prokopievsky Leskhoz. Because of frequently seen campfire remains, picnic used places and fisherman stays, it can be concluded, that coastal area is used for recreation. The greater part of these recreation remains is located near storage dam area (Fig. 39).

The sanitation cutting often takes place in the Prokopievsky Leskhoz Forest, where isolated hunting seats can be found.



Fig. 39 – Fisherman stay on the reservoir west waterside

There is absence of human settlements on the right shoreline of the reservoir. Compact planning is situated only in the uppermost part of the highway to Aleksandrovka, on the highland. There are a lot of children's camps, recreational centers and garden plots. Building to water edge minimum distance figures up to 30 meters, maximum distance is 600 meters.

The left part of the reservoir eastern shoreline can be described as rather more transformed landscape, because of Prokopyevsk and Kiselevsk cities neighborhood and good transport accessibility. There are few village settlements in the coastal area. These sites are made of wood and mostly single-storeyed, with no water supply and sewage, featured with dumb well (except Novostroyka village).

The Verkh-Chumysh village is located in the uppermost part of the reservoir. Farm buildings border placed up to 6-200 meters from the water edge, sometimes right up in the water (Fig.40). There are some estates with the fence approach to water (Fig.41).



Fig. 40 –Farm building border. The Verkh-Chumysh village

The Krasnaya Polyana village (part of the Bolshoi Kerlegesh village) is partially located within the water protection zone. The village border is 150-300 meters far from water.



Fig. 41 – Fence of the estate with approach to water, the Verkh-Chumysh village

Besides these settlements, there are few other farmlands in the neighborhood, such as: the Bolshoy Kerlegesh village, lying in the bottom of the Kerlegesh river, on the left shoreline of the reservoir, 800 meters away; the Krasnaya Gorka village - on the right bank of the Kara-Chumysh river, 550 meters south-west of the hydroengineering complex; the Novostroyka village adjoining the territory of the Kara-Chumysh hydroengineering complex from the south-east (300 meters away from it).

Whole left shoreline is intensively used by the inhabitants of Prokopevsk and Kiselevsk cities for recreational purposes.

The most part of the dam area is taken by ‘Berezka’ gardeners’ partnership, 0-200 meters away from the water edge. There is one estate with the fence blocking up the free access to the reservoir waterside and spring nearby (Fig.42).

The recreation centers of Vodokanal and Puteets, as well as the abandoned base of TSEMM No. 1 (the owner is Prokopugol) are located on the shore of Kerlegesh Bay (Fig. 43). Two summer children’s camps “Cosmos” and “Olympian”, as well as a children’s tuberculosis sanatorium cottage are situated on

the territory of Kerlegesh village. Coal-preparation plant (Karo LLC) has recreation center under contraction in the coastal protective zone of the reservoir. This recreation center is situated on the foreland near the Verkh-Chumysh village (Fig. 44).



Fig. 42 – ‘Berezka’ gardeners’ partnership estate with the fence blocking up the free access to the reservoir waterside and spring nearby.

A lot of alongshore campfire remains, picnic used places and fisherman stays, featured with field roads, are the result of spontaneous recreation there. Because of creation of the reservoir, one part of the Verkh-Chumysh village coast was water-sicked. Backwater area of ground water is full of birch forest (Fig. 45).



Fig. 43 – Abandoned base of TSEMM No. 1 located on the shore of Kerlegesh Bay



Fig. 44 – Coal-preparation plant (Karo LLC) recreation center under contraction near the Verkh-Chumysh village



Fig. 45 – Backwater area of ground water is full of birch forest, the Verkh-Chumysh village

Negative exodynamic processes

The Kara-Chumysh reservoir coastal area didn't receive too much exodynamic processes influence. Insignificant cave-in, caused by sudden drawdown, can be considered as an exception. (Fig. 45)



Fig. 46 – The Kara-Chumysh reservoir coastal area cave-in

Furthermore there is growing ravine on the right part of the reservoir shoreline, near the hydroengineering complex. It is 150 meters length, 5-10 meters width in the mouth part. Its depth is changing from 0.5 meters in the top part up to 5-7 meters in the mouth (Fig. 47).



Fig. 47 – Growing ravine on the right part of the reservoir shoreline

The reservoir pollution resources

High volume pollution sources, such as industrial and livestock wastes, were not established. Human settlements trespassing water border (the Verkh-Chumysh village, the Krasnaya Polyana village) are dominant objects polluting the reservoir. There are gardens, household buildings and other objects within the coastal protection belt.

Recreation complexes, garden- plots and children's holiday camps along the water conservation zone also have negative effect on the reservoir water quality. Several bath houses were established directly on the reservoir shoreline on the recreation complexes territory in the Kerlegesh bay and 'Berezka' gardeners partnership also. Some part of these recreation complexes are not equipped enough. There are no any concrete cesspits, so that domestic wastewater goes right to the reservoir. During field investigation of the Kara-Chumysh reservoir coastal area there were documented a lot of small rubbish dumps and debris. Human

settlements territory can be described as more littery, especially the Verkh-Chumysh village, gardener's partnerships and children's holiday camps territory (Fig. 48). The camp 'Zartitsa' has the biggest rubbish dump (Fig. 20).

Tumbledown buildings within different gardeners' partnership and recreation complexes territory make big contribution to coastal area dirtiness (Fig49).



Fig. 48 – The Verkh-Chumysh village rubbish dumps (left) and horticulture area rubbish dumps (right)



Fig. 49 – The camp ‘Zartitsa’ has the biggest rubbish dump



Fig. 50 – ‘Chaika’ camp tumbledown building

Spontaneous recreation zone also has small rubbish dumps, especially on the left shoreline of the reservoir. There is also dropped litter everywhere.

There are two Kuzbass industrial centers (Prokopevsk and Kiselevsk) from the east part of the Kara-Chumysh reservoir. These cities manufacture do not have

too many influence upon the water quality of the Kara-Chumysh reservoir, because of remoteness above 8 kilometers and south-west prevailing winds. So that all manufacture releases can be considered as background pollution.

In conclusion it can be said, that greatest influence upon the Kara-Chumysh reservoir water pollution is made by recreation activity among all kinds of human impact, such as gardeners' partnerships, recreation complexes and unauthorized beaches. Main polluters are low-toxic organic substance.