

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

ВКР МАГИСТРА  
ПРОВЕРЕНА

Рецензент  
Г.Я. Гейде

\_\_\_\_\_ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
Д.В. Ульрих

\_\_\_\_\_ 2017 г.

Анализ существующей системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ и ее  
модернизация

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА  
ЮУрГУ–08.04.01.2017.305-04.171 ПЗ ВКР

Руководитель ВКР  
магистра

\_\_\_\_\_ Н.С. Рассказова

\_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор ВКР  
магистр группы АС-260

\_\_\_\_\_ Д.А. Подпятникова

\_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_ Е.В. Николаенко

\_\_\_\_\_ 2017 г.

Челябинск  
2017

## РЕФЕРАТ

Подпятникова Д.А. Системы гидрозолоудаления, обратное водоснабжение, экология водных объектов, нормирование сбросов. – Челябинск: ЮУрГУ, АС-260, 2017. – с., ил., табл., библиогр. список –18 наим.

Целью данной работы является анализ работы существующей системы гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ и разработка технологических решений по ее модернизации.

В первом разделе рассмотрены физико-географические, гидрологические и гидрогеологические особенности исследуемой территории расположения Аргаяшской ТЭЦ. Дана характеристика существующей системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ. Проведено исследование водных вытяжек из золы котельного отделения Аргаяшской ТЭЦ. Изучено воздействие Аргаяшской ТЭЦ на воздух, почву, подземные и поверхностные воды.

Второй раздел посвящен выбору наиболее оптимального варианта модернизации системы гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ.

В третьем разделе представлены основные технологические решения по модернизации системы гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ и дано обоснование их выбора. Произведен расчет вероятности аварии на гидротехнических сооружениях (дамбы золоотвала). Посчитан предотвращенный экологический ущерб. Рекомендованы мероприятия по рекультивации золоотвала, а так же предложены способы утилизации золошлаковых отходов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
<b>1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЯ АРГАЯШСКОЙ ТЭЦ И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ</b>	
1.1 Физико-географические, гидрологические и гидрогеологические особенности исследуемой территории расположения Аргаяшской ТЭЦ.....	8
1.2 Характеристика существующей системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ .....	13
1.3 Исследование водных вытяжек из золы котельного отделения Аргаяшской ТЭЦ.....	18
1.4 Воздействие Аргаяшской ТЭЦ на воздух, почву, подземные и поверхностные воды.....	30
<b>2 ВАРИАНТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ГЗУ АРГАЯШСКОЙ ТЭЦ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА</b>	
2.1 Организация оборотного водоснабжения системы ГЗУ при существующем золоотвале с экранированием ложа золоотвала и откосов дамб.....	37
2.2 Организация оборотного водоснабжения системы ГЗУ при существующем золоотвале с включением стока реки Мишеляк в оборотную систему ГЗУ.....	40
2.3 Строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с организацией оборотного водоснабжения и заменой аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию.....	41
2.4 Расчет водного баланса системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ.....	44
2.5 Обоснование выбора варианта модернизации.....	47
<b>3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ГЗУ АРГАЯШСКОЙ ТЭЦ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ</b>	
3.1 Выбор и обоснование технологических решений в выбранном варианте модернизации.....	49
3.2 Расчет вероятности аварии на гидротехнических сооружениях (дамбы золоотвала).....	59
3.3 Расчет предотвращенного экологического ущерба.....	69
3.4 Рекомендуемые мероприятия по рекультивации золоотвала.....	75
3.5 Предложения по утилизации золошлаковых отходов.....	78
<b>4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>84</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>87</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Богатые природные условия и особое географическое положение (перекресток магистральных путей государства) поставили Челябинскую область в ряд регионов, где природа эксплуатируется наиболее интенсивно уже два с половиной века, что привело к серьезному нарушению экологии. Промышленность Челябинской области требует колоссальных затрат электроэнергии, и с каждым годом эти затраты только растут.

Сто процентов электроэнергии вырабатываются на тепловых электростанциях, поскольку другие типы электростанций в Челябинской области не представлены.

Одной из ответственных и наиболее трудоемких операций на тепловых электростанциях, сжигающих твердое топливо, является удаление и экологически безопасное складирование золошлаковых отходов.

Несмотря на предпринимаемые меры по максимально полезному использованию золошлаковых отходов, основная их часть (более 85%) складывается на специальных золоотвалах.

На большинстве отечественных электростанций для удаления золошлаковых отходов на золоотвалы применяются гидравлические системы. На транспортирование 1 т золошлаков в виде гидropульпы в таких системах расходуется от 15–20 до 80–100 м<sup>3</sup> воды, что оставляет от 2–х до 8–ми м<sup>3</sup>/ч на 1 кВт установленной мощности электростанции. При контакте с золошлаками в процессе транспортировки пульпы на золоотвал вода загрязняется веществами, растворяющимися, главным образом, из мелкодисперсной летучей золы, в том числе и высокотоксичными соединениями мышьяка, фтора, ванадия, ртути других элементов. [18]

Решением проблемы сокращения потребления природной воды и предотвращения загрязнения рек, водоемов и грунтовых вод является перевод систем гидрозолоудаления на оборотную схему водопользования и бессточный режим работы.

Одной из основных причин нарушения бессточного режима работы этих систем является минерализация циркулирующей воды и связанное с этим образование прочных солевых отложений в трубопроводах, насосах и на других участках системы ГЗУ. В наибольшей степени зарастанию отложениями подвержены коммуникации осветленной воды, что приводит к вынужденным добавкам в систему технической воды. В свою очередь, эти добавки вызывают переполнение системы и необходимость сброса образующихся на золоотвале избытков осветленной воды в ближайшие природные водоемы. Причем концентрации растворенных веществ в оборотных системах ГЗУ может в 10 раз и

более превышать концентрацию этих веществ в соответствующих прямоточных системах.

Разработка технологических решений и рациональных способов организации режима работы оборотных систем ГЗУ с учетом специфики эксплуатации ТЭС, требований по охране окружающей среды, являющаяся темой данной научно-исследовательской работы, таким образом, представляет собой **актуальное** научное направление, имеющее важное народнохозяйственное значение.

**Целью** данной работы является анализ работы существующей системы гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ и разработка технологических решений по ее модернизации.

**Задачи работы:**

1) Проанализировать существующую систему гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ и ее воздействие на окружающую среду;

2) Рассмотреть возможные варианты модернизации системы гидрозолоудаления на Аргаяшской ТЭЦ и выбрать из них оптимальный вариант, обосновать выбор варианта;

3) Выбрать и обосновать выбор технологических решений по модернизации;

4) Рассмотреть приемы рекультивации золоотвалов и предложить способы утилизации золошлаковых отходов.

**Методы исследования:** анализ, сравнение, эксперимент, статистические методы, метод визуализации данных, картографический метод.

# 1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЯ АРГАЯШСКОЙ ТЭЦ И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

## 1.1 Физико–географические, гидрологические и гидрогеологические особенности исследуемой территории расположения Аргаяшской ТЭЦ

Аргаяшская ТЭЦ — теплоэлектроцентраль (разновидность тепловой электростанции), расположенная в посёлке Новогорный Озёрского городского округа Челябинской области.

Район является переходной зоной от горной части на западе и северо–западе, к равнинной и степной на востоке. Территория характеризуется заболоченностью и большим количеством озер.

Климат района расположения ТЭЦ умеренно континентальный и формируется под влиянием следующих климатообразующих факторов: атмосферная циркуляция, радиационный режим и подстилающая поверхность. Уральский хребет, меридионально вытянутый от берегов Карского моря до степей Казахстана, несмотря на небольшие высоты, служит естественной преградой господствующему западному переносу воздушных масс. Уральские горы оказывают существенное влияние на характер формирования облачности, осадков, температуры воздуха и других метеорологических явлений. Здесь формируется характерная уральская погода: то суровая или необычная теплая зима, то жаркое и ненастное лето. Карта климатического районирования Челябинской области представлена на рисунке 1.1.

В целом для района характерная, умеренно снежная и продолжительная зима, теплая и умеренно влажное лето.

Устойчивый снежный покров устанавливается в ноябре и сходит в апреле. Средняя годовая температура воздуха составляет  $+3,2^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура самого холодного месяца в году (январь) равна минус  $12,1^{\circ}\text{C}$ , а самого теплого месяца в году (июль) плюс  $18,5^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность неблагоприятного периода года для производства полевых работ 6,5 месяцев, с 20 октября по 5 мая.

В среднем за год выпадает 550 мм осадков, из них в теплый период года – 400 мм, а в холодный – 150 мм.

Испарение в рассматриваемом районе меньше, чем годовое количество осадков, поэтому наблюдается умеренное увлажнение. Среднемноголетняя величина годового слоя суммарного испарения – 440 мм.

В целом за год преобладают юго–западные и западные направления ветров. Летние месяцы характеризуются меньшей устойчивостью направлений, в

основном преобладают ветры северные, северо–западные и западные, зимой – южные и юго–западные.

Рельеф на участке инженерных изысканий, спокойный, с абсолютными высотами 235–250 метров и с углами наклона, превышающими 2–5 градусов.

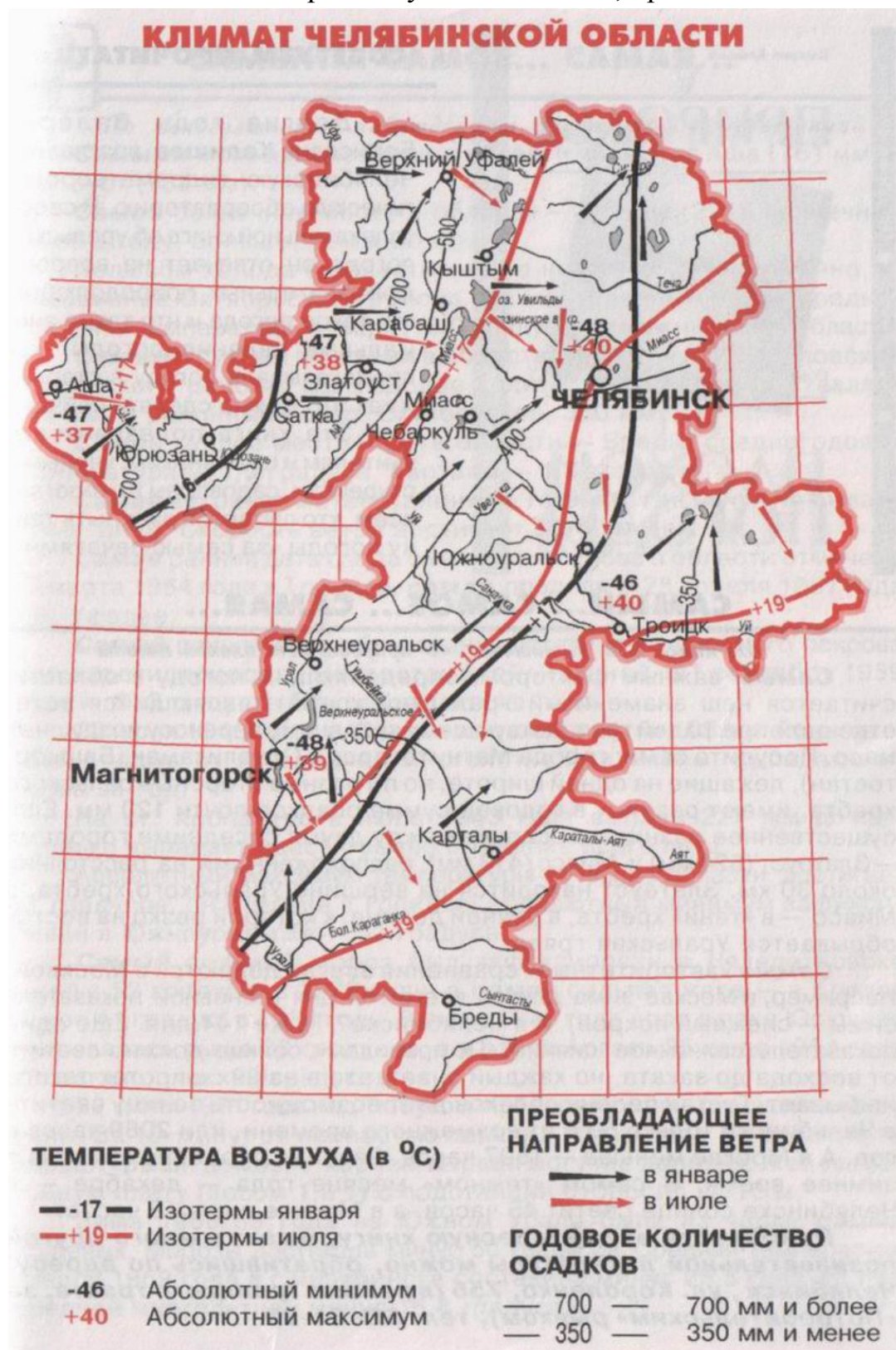


Рисунок 1.1 – Карта климатического районирования Челябинской области

## Геология участка расположения ТЭЦ

Район размещения золошлакоотвала №2 Аргаяшской ТЭЦ приурочен к зоне развития эффузивных и метаморфических пород, представленных порфиритами, базальтовыми диабазами, сланцами. В результате выветривания скальные грунты в верхней части залегания превратились в элювиальные образования мезокайнозойского возраста, которые на участке размещения ГТС системы гидрозолошлакоудаления – подзоной пылевато-глинистых продуктов выветривания – суглинком элювиальным, мощностью до 3,7 м.

В пределах долины р. Мишеляк присутствуют отложения четвертичного возраста, представленные:

- суглинком аллювиальным с тонкими прослоями песка, супеси мощностью 1,1 ÷ 6,7 м;
- аллювиально-болотный торф мощностью 0,5 ÷ 0,7 м
- техногенный грунт, представленный суглинком, щебнем и золой общей мощностью до 6,0 м.

На золоотвале выделены сверху-вниз следующие грунты.

Техногенные: в ложе золоотвала – зола мощностью от 2,3 до 3,5 м; в дамбах и грунтовых дорогах – щебенистый грунт (щебень – около 80%, суглинок – около 20%) и суглинистый грунт (суглинок 80–90% и дресва и щебень – 10–20%).

Торф аллювиальный болотный сильно- и среднеразложившийся, нормальноезольный мощностью 0,5–0,7 м, расположен под золошлаками в пойменной части реки.

Суглинок аллювиальный от тугопластичной, полутвердой консистенции с прослоями песка и супеси пластичной.

Суглинок элювиальный по порфириту с включением до 12% дресвы и щебня всех размеров.

Ниже на глубине 5–10 метров залегает разрушенная скала, преимущественно представленная порфиритами.

Гидрография района представлена рекой Мишеляк и озером Улагач.

Река Мишеляк изначально вытекала из озера Улагач, но ввиду использования озера в качестве охладителя Аргаяшской ТЭЦ, исток реки был перекрыт перемычкой и попуски в нее осуществляются лишь в многоводные годы через регулируемый водосброс.

Река (р.) Мишеляк является правобережным притоком реки Теча, длина р. Мишеляк – 21 км. В естественном состоянии р. Мишеляк протекала по центру территории золошлакоотвала № 2. В настоящее время долина реки заполнена золошлакоотвалом № 2 с оттеснением ее русла к правому коренному берегу долины.



Долина р. Мишеляк V-образной формы. Пойма достигает ширины от 200 до 700 м, задернована, местами покрыта кустарником, заболочена, заторфована, заливается паводковыми водами. Русло реки извилистое, шириной от 2,0 до 5,0 м, глубиной 0,3–0,4 м.

Пойма реки в зоне чаши золошлакоотвала затянута золой и имеет ровную поверхность, заросшую камышом и осокой. Русло проходит в зольных отложениях, ширина – 8,0 м, глубина – до 1,0 м. Отметки поверхности золоотвала от 240 м (в его верхней части) до 231 м (в районе реки).

Река Мишеляк относится к типу рек с четко выраженным весенним половодьем, летне–осенними дождевыми паводками и длительной устойчивой зимней меженью.

В питании реки преимущественное значение имеют снеговые воды. Объем весеннего стока составляет 75% – 90% годового. Средняя продолжительность половодья 20–30 дней (апрель – май). Продолжительность летне–осенней межени составляет 110–150 дней. Минимальный летний сток приходится на июль – сентябрь.

Средняя продолжительность ледостава 160 дней. Вскрытие наступает с конца марта до второй половины апреля. Весеннего ледохода не бывает, лед тает на месте. Продолжительность весенних ледовых явлений в среднем 9 дней.

Водоохранная зона р. Мешеляк, которая является правобережным притоком реки Теча, в соответствии с пунктом 4 статьи 65 «Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы» Водного кодекса Российской Федерации, введенного в действие с 01.01.2007 г, установлена размером 100 м, ширина прибрежной защитной полосы – 30 м.

В нижней части золоотвала русло реки перегорожено дамбой с водосбросными сооружениями, которая образует пруд. Золоотвал на участке вдоль реки частично затоплен. Отметка затопления соответствует отметке уровня воды в пруде.

Нижняя секция золоотвала и частично верхняя полностью заросла болотной и луговой растительностью, на более высоких отметках происходит зарастание кустарниковой и древесной (берёза) растительностью.

Озеро Улагач в Челябинской области расположено на границе Озерского округа и Аргаяшского районов. Площадь поверхности озера – более одной тысячи гектаров. Средняя глубина – 4 метра, максимальная – до 7 метров. Озеро Улагач протянулось в длину более чем на 6 километров, а вот ширина варьируется на разных участках от 1 до 3 километров. Вода в озере пресная. Дно – неровное, местами каменистое.

Рогоз, тростник и камыш обильно произрастают в заливах и на берегах Улагача. Удобных подходов к воде (пляжей) практически нет.

На берегах озера находится несколько населённых пунктов: Новогорный (самый крупный), Горный, Селезни, Бижеляк. В Новогорном действует ТЭЦ, использующая воду озера для охлаждения.

Гидроним Улагач, как и большинство топонимов Челябинской области образован от башкирских слов: «оло» – «большой», «длинный» (с выпадением последнего «о») и «агач» – «лес», «дерево». В буквальном толковании Улагач – это «длинное лесное озеро». Своё название озеро полностью оправдывает – оно представляет собой явно вытянутую узкую дугу, протянувшуюся с северо–запада на юго–запад.

Озеро Улагач, а точнее его окрестности – настоящий клондайк для ученых–историков и археологов. В XX веке здесь были найдены керамические черепки. Их возраст датирован X–VII веками до н. э. В XXI веке – 1 сентября 2009 года – местный житель на мелководье озера обнаружил средневековую деревянную лодку. В долбленке хорошо просматриваются днище, нос и корма. 500–летняя находка на озере Улагач вызвала небывалый ажиотаж вокруг себя. В настоящее время пятиметровая финно–угорская лодка хранится в Челябинске.

Буйная водная растительность не позволяет рыбачить с берега, поэтому вся рыбалка – только с лодки. Одно время рыбалка на озере Улагач была платной. Имелся постоянный арендатор водоема (ООО «Преодоление»). С 2012 года рыбалка стала бесплатной, но как замечают — значительно ухудшились уловы.

Издавна Улагач славился пелядью, карпом, линем, щукой, чебаком, окунем и карасем. По словам бывалых рыбаков лучшие «щучьи» места находятся на правой стороне озера, примерно в километре от посёлка Новогорный. Здесь наблюдается резкий переход глубин: от 3 до 4,5 метров и наблюдается обилие рыбы.

Наличие ТЭЦ в Новогорном привлекает на Улагач любителей подводной охоты – вблизи берега имеется незамерзающая полынья. Также, именно вблизи от полыньи самые богатые уловы у любителей классической зимней рыбалки.

С северной стороны озера вытекает речка Мишеляк, которая впадает в Метлинский пруд. Работа теплоэлектростанции не могла не сказаться на озере. Река Мишеляк была перекрыта дамбой, озеро стало бессточным. Повысилась температура воды, что привело к интенсивному росту травы и, как следствие, заилению. Повышение слоя донного ила, в свою очередь, привело к закупорке родников.

## 1.2 Характеристика существующей системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ

Аргаяшская ТЭЦ — теплоэлектроцентраль (разновидность тепловой электростанции), расположенная в посёлке Новогорный Озёрского городского округа Челябинской области. Входит в состав ОАО «Фортум», основным акционером которого является финский энергоконцерн Fortum.

Аргаяшская ТЭЦ реализует электрическую энергию и мощность на ОРЭМ, отпускает тепловую энергию промышленным потребителям (пар на ПО «Маяк» и горячую воду ООО «Озерская трубная компания») и теплоснабжающим компаниям города Озёрска и посёлка Новогорный.

Установленная электрическая мощность станции на начало 2015 года составляет 195 МВт, тепловая — 576 Гкал/ч (в том числе в горячей воде — 421 Гкал/ч, в паре — 155 Гкал/ч).

На ТЭЦ установлено следующее оборудование:

6 паровых турбин:

ТГ ст. № 1 типа Т–35–90–4 мощностью 35 МВт 1953 года выпуска,

ТГ ст. № 2 типа Т–35–90–4 мощностью 35 МВт 1953 года выпуска,

ТГ ст. № 3 типа П–35–90/10–2 мощностью 35 МВт 1953 года выпуска,

ТГ ст. № 5 типа ТР–40–90/0,7–2 мощностью 40 МВт 1955 года выпуска,

ТГ ст. № 6 типа Р–20–90–18/2 мощностью 20 МВт 1986 года выпуска,

ТГ ст. № 7 типа ПТ–30–90/10–3 мощностью 30 МВт 1956 года выпуска;



Рисунок 1.2 – расположение Аргаяшской ТЭЦ на карте

9 паровых энергетических котлов:

4 паровых котла ТП–170 производства ТКЗ «Красный котельщик» производительностью 170 т/ч,

5 паровых котлов ПК–14 производства Подольского завода «ЗиО» производительностью 230 т/ч.

Оборудование станции приспособлено к работе как на угле, так и на природном газе. В настоящий момент уголь составляет около 50 % от топливного баланса станции.

Инвестиционная программа ОАО «Фортум» включает реконструкцию Аргаяшской ТЭЦ с установкой нового турбоагрегата № 4 установленной мощностью 65 МВт. Инвестиционной программой предусматривается увеличение доли сжигания угля до 100% для обеспечения окупаемости инвестиционного проекта, что влечет за собой реконструкцию систем топливоподачи, систем очистки дымовых газов котлов и системы гидрозолоудаления. Годовой выход золошлаков при этом принимается равным 270 тыс. м<sup>3</sup>, что практически соответствует фактическим данным для периода, когда ТЭЦ работала преимущественно на угле.

Система гидрозолоудаления предназначена для удаления золошлаковых отходов после сжигания твердого топлива – угля в энергетических котлах. Представляет собой транспортную систему золошлаковых отходов с несущим агентом водой.

В настоящий момент на Аргаяшской ТЭЦ существующая система гидрозолоудаления представляет собой следующие сооружения:

- Колодец системы сбора ливневых стоков и системы технического водоснабжения;

- Смывные насосы – марки 1Д–630/90 (2 шт. производительностью по 630 м<sup>3</sup>/ч) и марки 6 НДС (1 шт. производительностью 216 м<sup>3</sup>/ч) – схема работы по требованию нормативных документов 1 рабочий, 1 резервный, 1 в ремонте;

- Эжектирующие насосы марки ЦНС180–425 (3шт. производительностью по 180 м<sup>3</sup>/ч)– схема работы по требованию нормативных документов 1 рабочий, 1 резервный, 1 в ремонте;

- Система золошлаковых каналов в котельном отделении;

- Система побуждающих сопел;

- Прямок установки приемной емкости гидроаппаратов инженера Москалькова;

- Гидроаппараты инженера Москалькова типа М–4 с расходом эжектирующей воды на аппарат 180 м<sup>3</sup>/ч.;

- Трасса золопроводов, разводящие золошлакопроводы;

– Золоотвалы №1 и №2 и сооружения на них.

Существующая система гидрозолоудаления работает следующим образом:

У постоянного торца котельного отделения главного корпуса имеется колодец сбора ливневых стоков и приема воды из системы технического водоснабжения (источник оз. Улагач), из которого посредством всасывающих коллекторов  $D=219 \times 8$  мм смывные насосы подают воду в систему побуждающих сопел которые установлены над системой золошлаковых каналов котельного отделения ТЭЦ под воздействием струй воды из системы побуждающих сопел зола и шлак перемешиваются и превращаются в пульпу по каналам подаются к приемной емкости гидроаппарата Москалькова.

Гидроаппарат системы инженера Москалькова (рисунок 1.3) представляет собой водоструйный эжектор. Вода с помощью высоконапорного эжектирующего насоса подается в гидроаппарат под напором 425 м.в.с. вытекая с большой скоростью из сопла, она эжектирует гидромассу– золошлаковую пульпу из приемной воронки гидроаппарата в диффузор, далее направляя и давая импульс к движению золошлаковой пульпы по трассе золопроводов длиной 4,8 км, на золоотвал. [19]

По трассе золопроводов проложены две магистральные нитки  $D=426 \times 8$  мм. До выхода с промплощадки золошлакопроводы располагаются на высоких опорах высотой 4–6 м, за пределами площадки: по проекту – на лежневых опорах, фактически на большем протяжении – на земле. Далее по разделительной дамбе золоотвала золопроводы также располагаются на лежневых опорах, выпуски – на металлических стойках.

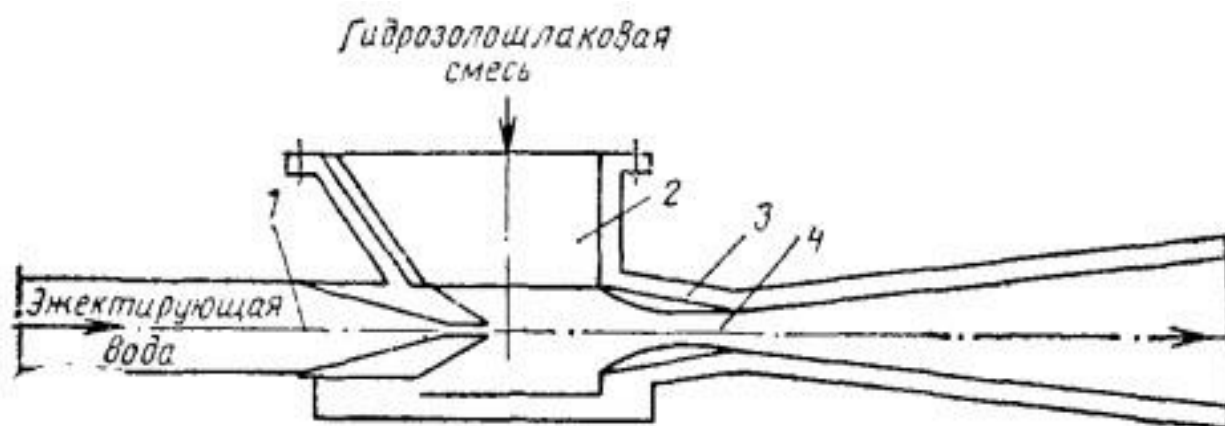


Схема гидроаппарата инж. Москалькова

1 – напорное сопло; 2 – приемная воронка; 3 – элементы диффузора; 4 – ребра диффузора

Рисунок 1.3 – Гидроаппарат системы инженера Москалькова

Золоотвал №1 построенный в 1954 году представлял собой площадку площадью 21 га огороженную дамбами высотой 2 м, расположенную на расстоянии 1 км от промплощадки ТЭЦ. В 1965 году ёмкость золоотвала была исчерпана. В настоящее время используется в исключительных случаях, для этого имеется дополнительный третий золошлакопровод диаметром 377х8 мм. Поверхность золоотвала заросла травой и древесно–кустарниковой растительностью и не пылит.

Действующий золоотвал №2 расположен на левом берегу р.Мишеляк, на расстоянии 4,8 км от промплощадки ТЭЦ, в санитарно–защитной зоне ФГУП ПО «Маяк». Границы ограждающих дамб золоотвала №2 граничат с руслом реки Мишеляк. На реке Мишеляк дамбой (плотиной №12), расположенной ниже золоотвала, образован пруд, имеющий прямую гидравлическую связь с золоотвалом №2 – уровень воды за дамбой золоотвала следует за уровнем воды в пруду (реке). По результатам инженерно–экологических изысканий выявлено место загрязнения радионуклидами площадки граничащей с золоотвалом №2 (плотина №12).

В 1995–2005 г.г. золошлакоотвал №2 был реконструирован.

Реконструкция золошлакоотвала № 2 (секционирование) предусматривалась в две очереди:

В первую очередь – секция № 1: отсыпка ограждающей дамбы, строительство водовыпуска и лоткового водосброса, отсыпка разделительной дамбы;

Во вторую очередь – секция № 2: отсыпка оградительной дамбы, сооружение лоткового водосброса и водовыпуска.

Материал тела дамб – золошлаки.

Ограждающие дамбы секций №1, 2 проектом предусмотрены различной конструкции вследствие различий в условиях эксплуатации.

Ограждающая дамба секции № 2 (Южная) располагается с южной и восточной стороны золошлакоотвала № 2, отделяя его накопительную емкость от русла р.Мишеляк. Отметка гребня дамбы – 237,00 м, ширина гребня – 8,0 м, проектная протяженность дамбы 4298,8 м, максимальная высота 5,0 м. Заложение откосов: верхового 1 : 4,0, низового 1 : 2,5. Верховой откос принят с креплением дресвяно–щебенистым грунтом мощностью 0,5 м, низовой откос с покрытием из растительного грунта мощностью 0,3 м. Для обеспечения устойчивости зольное основание и ослабленные заторфованные грунты под низовым откосом прорезаны зубом из каменной наброски глубиной 2,3 ÷ 3,7 м.

Ограждающая дамба секции № 1 (Северная) ограничивает золошлакоотвал № 2 с северной и западной сторон. Строительство ограждающей дамбы осуществлено для исключения попадания поверхностных вод с окружающей водосборной территории и увеличения полезной емкости золошлакоотвала №2.

Протяженность дамбы 4710 м, при максимальной проектной высоте 7,5 м (фактически 10,9 м – западная часть). Гребень дамбы № 2 в зависимости от прилегающего рельефа имеет переменную проектную отметку от 237,0 м (на северо–востоке) до 243,0 м (на юго–западе). Фактические отметки гребня дамбы изменяются от 235,22 м в северной части дамбы до 248,08 м в западной части. Проектная ширина гребня дамбы 8,0 м, фактическая ширина гребня дамбы от 10 м – северная часть до 70 м – западная часть. Гребень крепится дресвяно–щебенистым грунтом мощностью 0,6 м для обеспечения проезда. Заложение откосов: верхового 1 : 4,0, низового 1 : 2,5.

По внешнему контуру дамбы предусмотрена и построена нагорная канава для перехвата и отведения в р. Мишеляк поверхностного стока с водосборной площади.

Разделительная дамба разделяет золошлакоотвал № 2 на две секции: № 1 площадью 189 га и № 2 площадью 241 га. Отметка гребня дамбы от 241,09 м до 237,0 м. Максимальная высота 4,8 м. Ширина по гребню дамбы 10,0 м.

Для отведения осветленной воды, предусмотрены два различные по конструкции водосброса:

- 1) Шахтный трубчатый водосброс с железобетонными шандорами;
- 2) Открытый лотковый водосброс с металлическими шандорами по одному на каждую секцию.

Лотковый водосброс имеет отметку порога 234,0 м и вступает в работу по достижении водой данной отметки в золошлакоотвале № 2. Проектная пропускная способность лоткового водосброса составляет 0,36 м<sup>3</sup>/с.

Шахтный водосброс состоит из приемного колодца, водопроводящей трубы и выходного колодца. Приемный колодец коробчатого сечения выполнен из монолитного железобетона и имеет отметку сливной грани 232,6 м. Водопроводящая часть выполнена из стальной трубы Ø 720 мм.

Выходной оголовок в виде шахты коробчатого сечения установлен на выходе из трубы для гашения энергии потока. Проектная пропускная способность шахтного водосброса (с шандорами /без шандор), составляет 0,52/5,9 м<sup>3</sup>/с.

Очищенная осветлённая вода из золоотвала сбрасывается в р. Мишеляк через два шахтных колодца. В ограждающей дамбе, расположенной вдоль реки, имеются также два лотковых водосброса.

В настоящий момент существующая система ГЗУ АргТЭЦ используется с нарушениями экологического законодательства, экономически неэффективно используются природные ресурсы, а именно: существующая система гидрозолоудаления не предусматривает повторное использование в технологическом цикле ТЭЦ взятой из природной среды воды. Существующая система – прямоточная, при принятой схеме не обеспечивается предотвращение

пыления золошлаковых отходов, загрязнение прилегающей территории, не обеспечивается изоляция техногенных вод от грунтовых вод и воды водного объекта реки Мишеляк. При существующем состоянии наблюдается превышение ПДК в сбросах воды в водный объект по фтору, мышьяку, ванадию и др.

### 1.3 Исследование водных вытяжек из золы котельного отделения Аргаяшской ТЭЦ

Для объективной оценки экологического влияния золоотвалов на природные комплексы, а также для разработки мероприятий по охране окружающей среды необходим регулярный контроль химического состава воды систем гидрозолоудаления по показателям загрязнения в соответствии с санитарными нормами, а также по показателям солевого состава, приводящим к нарушениям работы замкнутых систем ГЗУ ТЭС.

Одним из основных классификационным признаком вод систем ГЗУ является их кислотно–основное состояние – рН. По этому критерию все воды систем ГЗУ ТЭС подразделяются на три класса: кислые ( $\text{pH} < 6,5$ ), нейтральные или слабощелочные ( $\text{pH} > 6,5 \div 11,5$ ), высокощелочные ( $\text{pH} > 11,5$ ). Каждому из классов соответствует определенный тип минерализации, как по основным минерализаторам, так и по микрокомпонентному составу. [16]

В рамках данной научно–исследовательской работы было предложено проанализировать качество исходной воды с различными значениями рН после контакта с золой в системе ГЗУ.

В системах ГЗУ вода циркулирует, смывая и перенося порции золы и шлака. При этом вода выщелачивает, растворяет те компоненты золы, которые обладают хорошей растворимостью. Очевидно, что состав воды в системе гидрозолоудаления зависит от свойств сжигаемого топлива. Исследования показали, что зола углей Экибастузского месторождения не содержит легкорастворимых веществ, поэтому воды ГЗУ на таких тепловых электростанциях мало минерализованы. Однако все без исключения топлива содержат ванадий, фториды, мышьяк, а некоторые также бериллий, ртуть, германий и другие элементы. Поэтому осветленные воды систем гидрозолоудаления практически всегда содержат фтор–ионы и соединения других вышеуказанных элементов. [17]

Так же, проанализировав состав золы, который представлен в таблице \_\_, и состав осветленной воды, было решено исследовать воду на такие показатели, как железо, алюминий, свинец, медь, цинк, никель, хром.



Таблица 1 – Качественный химический анализ золы

Показатель	Количество, мг/кг
Свинец	7,7±1,9
Никель	19,0±7,0
Медь	19,0±4,4
Цинк	29,0±6,0
Мышьяк	25,0±15,0
Железо	4000±1100
Алюминий	6600±1700
Хром	9,0±1,8

Таким образом, для контроля были выбраны:

- Железо
- Алюминий
- Свинец
- Медь
- Цинк
- Никель
- Мышьяк
- Хром
- Ванадий
- Фтор
- рН

Для исследования была взята зола из котельного отделения. Время контакта для данного эксперимента выбрано 24 часа.

Исследование проводилось с помощью приготовления водной вытяжки. Вытяжку приготовили по ГОСТ 27753.2–88 «Грунты тепличные. Метод приготовления водной вытяжки». [4]

Сущность метода состоит в извлечении водорастворимых веществ дистиллированной водой при отношении массы пробы золы и воды 1:5.

Из проб золы, поступивших на исследование, удалили камни и другие посторонние включения. После этого пробы довели до воздушно–сухого состояния подсушиванием в сушильной камере СТЕРМ 1–М при температуре 105°C в течение 3 часов. Высушенную золу просеяли через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

Пробы золы массой 400 г поместили в конические колбы, прилили по 2000 мл воды и перемешивали в течение 15 мин встряхиванием. Для эксперимента использовали дистиллированную воду, соответствующую ГОСТ 6709–72 «Вода дистиллированная. Технические условия», приготовленную аквадистиллятором электрическим АЭ–10 МО. Приготовили три пробы воды с разным значением рН: 5,63 (дистиллированная вода), 7,01 и 9 (подщелочили дистиллированную воду NaOH).

После перемешивания оставили пробы на 24 часа. После контакта золы и воды приступили к фильтрованию через бумажные фильтры. По окончании фильтрования фильтраты перемешали и использовали для анализа.



Рисунок 1.4 – Процесс приготовления проб для анализа

Вытяжку приготовили в лаборатории технического анализа очистных сооружений города Челябинска. Все приборы поверены и соответствуют

условиям ГОСТ 27753.2–88 «Грунты тепличные. Метод приготовления водной вытяжки».

Исходные данные:

- Проба 1 – рН до контакта 5,63
- Проба 2 – рН до контакта 7,01
- Проба 3 – рН до контакта 9,00

Результаты представлены на рисунках 1.5 – 1.10

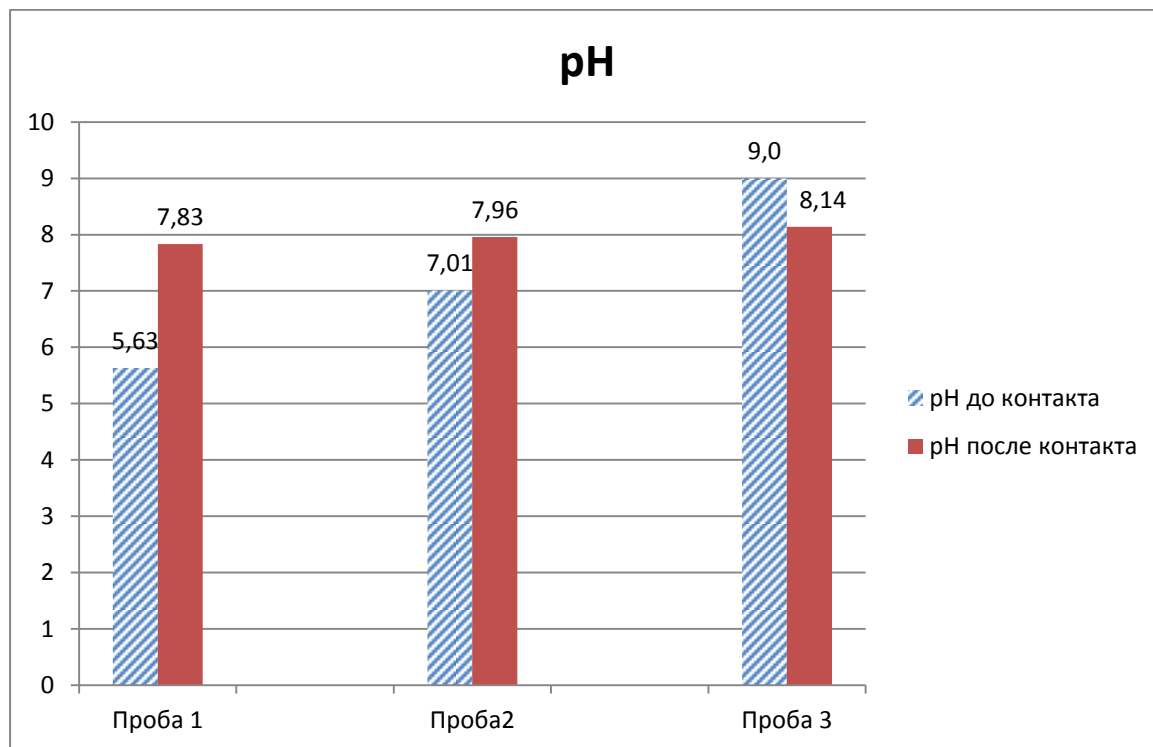


Рисунок 1.5 – Изменение рН после контакта воды с золой

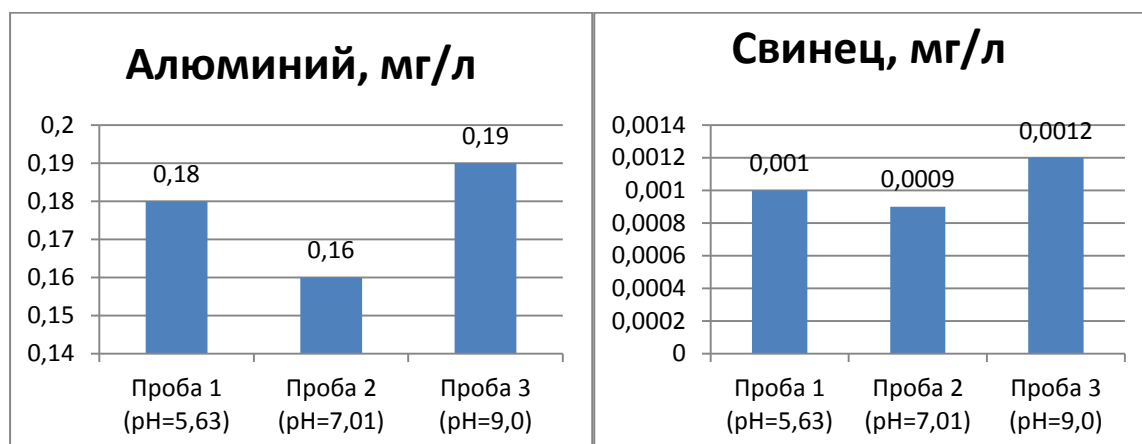


Рисунок 1.6 – Концентрации алюминия и свинца в водных вытяжках с различными рН

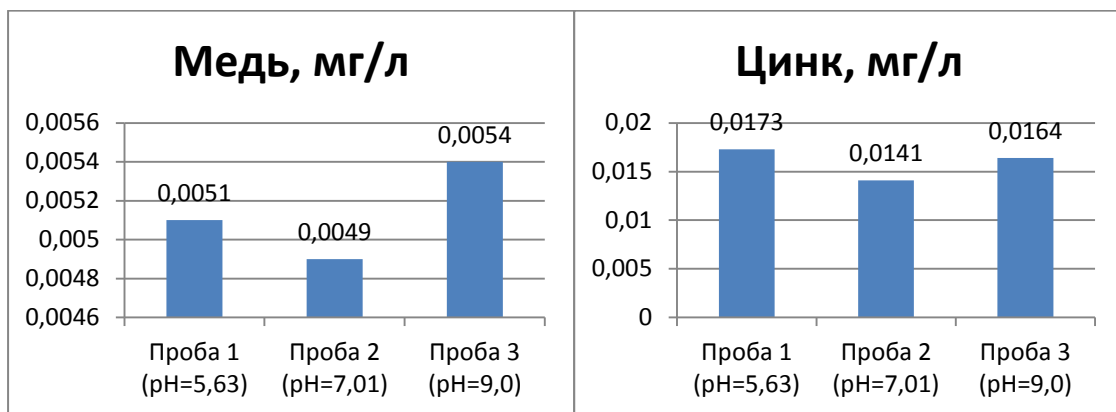


Рисунок 1.7 – Концентрации меди и цинка в водных вытяжках с различными рН

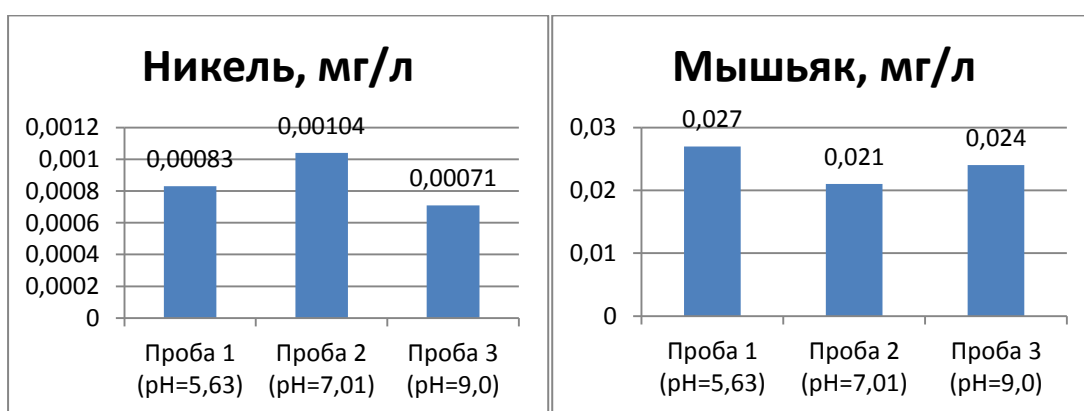


Рисунок 1.8 – Концентрации никеля и мышьяка в водных вытяжках с различными рН

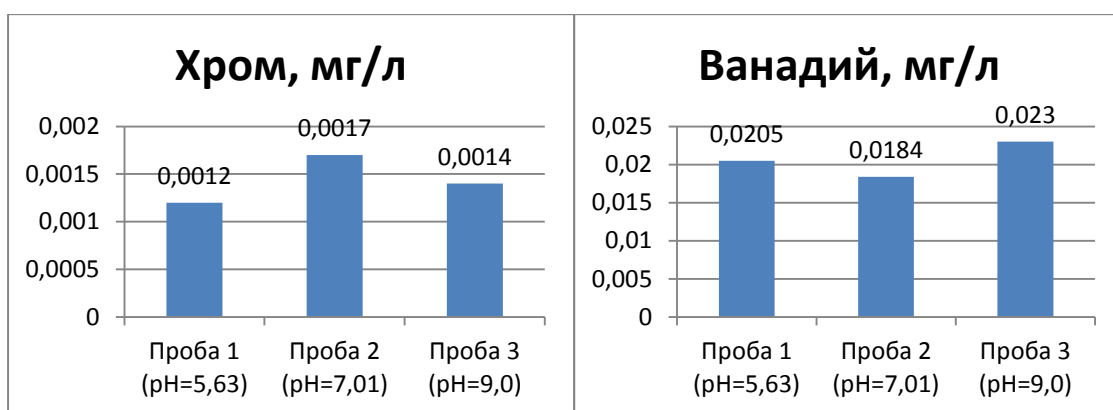


Рисунок 1.9 – Концентрации хрома и ванадия в водных вытяжках с различными рН

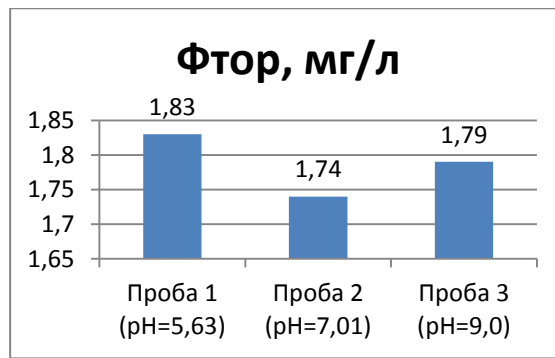


Рисунок 1.10 – Концентрация фтора в водных вытяжках с различными рН

Как видно из результатов анализа величина рН исходной воды не оказывает значительного влияния на количество выщелачивающегося металла, значения всех показателей находятся в пределах погрешности методов исследования. Это значит, что даже при колебаниях значения рН исходной воды озера Улагач, или воды, циркулирующей в оборотной системе водоснабжения (в случае перевода системы ГЗУ на оборотную схему), наблюдаться скачков в количестве выщелачивающихся металлов не будет. Исходя из этого, можно сделать вывод, что сточные воды системы ГЗУ будут иметь примерно постоянный состав вне зависимости от рН исходной воды.

После контакта с золой вода по показателю рН нормализуется до значений 7,83–8,14 и вписывается в допустимые пределы значений для рыбохозяйственных водоёмов. Следовательно, отсутствует необходимость в подщелачивании воды или ее подкислении, что упрощает технологическую схему очистки сточной воды системы ГЗУ и дает значительную экономию реагентов.

Река Мишеляк, в которую сбрасываются сточные воды системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ, относится к водному объекту рыбохозяйственного значения второй категории.

Рыбохозяйственные водные объекты могут относиться к одной из трех категорий:

- к высшей категории относят места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;
- к первой категории относят водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;
- ко второй категории относят водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Нормы качества воды водных объектов рыбохозяйственного водопользования также включают две группы нормируемых параметров:

- общие требования к составу и свойствам воды водных объектов;
- перечень рыбохозяйственных ПДК (ПДК<sub>р-х</sub>).

Состав и свойства воды водных объектов рыбохозяйственного водопользования должны соответствовать нормам в месте выпуска сточных вод при рассеивающем выпуске, а при отсутствии рассеивающего выпуска – не далее чем в 500 м от места выпуска.

Количество растворенного в воде кислорода в водоемах рыбохозяйственного назначения должно быть не менее 6 мг/л. БПК<sub>полн.</sub> при 20°C – не выше 3 мг/л. Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,25 и на 0,75 мг/л для водоемов 1 и 2 категории, соответственно. Вода не должна приобретать посторонних запахов, привкусов и окраски и сообщать их мясу рыб. Кислотность воды (рН) – в диапазоне от 6,5 до 8,5. На поверхности воды не должно быть плавающих примесей, пленок, пятен масел, нефтепродуктов. В воде не должны содержаться вредные вещества в концентрациях, превышающих ПДК<sub>р-х</sub>.

Рыбохозяйственная ПДК (ПДК<sub>р-х</sub>) – это такая максимальная концентрация загрязняющего вещества, при постоянном наличии которой в водоеме, не наблюдается отрицательных последствий для рыбохозяйственного использования водоема. Следует учитывать, что загрязняющие вещества в водоемах не всегда присутствуют постоянно. В этом случае используют значения предельно допустимых разовых концентраций (ПДРК). Это такая максимальная первоначально созданная в водоеме концентрация однократно попадающего туда вещества, при которой это вещество и вредные продукты его распада не вызывают отрицательных последствий для рыбохозяйственного использования водоема. [9]

Рыбохозяйственные ПДК должны удовлетворять ряду условий, при которых не должны наблюдаться:

- гибель рыб и кормовых организмов для рыб;
- постепенное исчезновение видов рыб и кормовых организмов;
- ухудшение товарных качеств обитающей в водном объекте рыбы;
- замена ценных видов рыб на малоценные.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде устанавливается для рыбохозяйственного водопользования с учетом пяти показателей вредности:

- органолептического;
- общесанитарного;
- санитарно–токсикологического;

- токсикологического;
- рыбохозяйственного.

Органолептический показатель вредности характеризует способность вещества изменять органолептические свойства воды.

Общесанитарный – определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счет биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры.

Санитарно–токсикологический показатель характеризует вредное воздействие на организм человека, а токсикологический – отражает прямое токсическое действие веществ на водные организмы.

Рыбохозяйственный показатель вредности определяет порчу товарного качества промысловых водных организмов.

В основу классификации опасности вещества положены показатели, характеризующие различную степень опасности для водных биоресурсов химических соединений, загрязняющих воду водных объектов рыбохозяйственного значения, в зависимости от токсичности, степени накопления в организмах, способности вызывать отдаленные эффекты, лимитирующего показателя вредности.

Класс опасности вещества учитывает:

- а) степень опасности вещества в связи с его появлением в водных экосистемах;
- б) приоритет при контроле загрязнения среды;
- в) обоснование рекомендаций о замене хозяйственного использования высоко опасных веществ на менее опасные.

Выявляются четыре класса опасности веществ, загрязняющих воду водных объектов рыбохозяйственного значения и токсичных для водных биоресурсов. При отнесении вещества к определенному классу опасности учитывается токсичность вещества по величине его ПДК, стабильность этого вещества в водном объекте и его кумулятивные свойства. Отнесение проводится по любому из указанных признаков, одному или нескольким.

1–й класс – чрезвычайно опасные вещества, лимитируемые по токсикологическому и рыбохозяйственному ЛПВ. Степень вредного воздействия на водные биоресурсы очень высокая.

К данному классу относятся вещества исключительно антропогенного происхождения (ксенобиотики, не имеющие аналогов в природе).

2–й класс – высоко опасные вещества, лимитируемые по токсикологическому и рыбохозяйственному ЛПВ. Степень вредного воздействия на водные биоресурсы высокая.

К данному классу относятся вещества исключительно антропогенного происхождения (ксенобиотики, не имеющие аналогов в природе).

3-й класс – опасные вещества, лимитируемые в основном по токсикологическому, иногда по рыбохозяйственному (в том числе и органолептическому) ЛПВ. Степень вредного воздействия на водные биоресурсы средняя.

К данному классу относятся как ксенобиотики, так и вещества природного происхождения (например, сероводород, сульфиды и др.).

4-й класс – умеренно опасные вещества, лимитируемые по любому ЛПВ. Степень вредного воздействия на водные биоресурсы низкая.

К данному классу относятся частично ксенобиотики (обычно биологически относительно инертные), но в значительной степени – вещества природного происхождения. [10]

Важно отметить, что при разработке ПДК<sub>р-х</sub> учитываются ряд экосистемных показателей, таких как обеспечение качества среды обитания рыб, поддержания их кормовой базы и т.д. В этом смысле они наиболее близки к экологическим нормативам.

ПДК вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного значения устанавливаются в соответствии с Приказом Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

В соответствии с РД 153–34.0–02.405–99 «Методические указания по нормированию сбросов загрязняющих веществ со сточными водами тепловых электростанций» ПДК на сброс в конкретный водный объект может меняться исходя из значений фоновых концентраций по определенным показателям.

Сравнение полученных результатов исследования с показателями качества осветленной воды из пруда–накопителя в действующей системе ГЗУ Аргяшской ТЭЦ, ПДК<sub>р-х</sub>, разрешенным сбросом в р.Мишеляк представлено в таблице 2.



Таблица 2 – Сравнение полученных результатов исследования с показателями качества осветленной воды из пруда–накопителя в действующей системе ГЗУ Аргяшской ТЭЦ, ПДК<sub>р-х</sub>, разрешенным сбросом в р.Мишеляк

Показатель	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Осветленная вода	ПДК	Разрешение на сброс в р.Мишеляк	Класс опасности	ЛПВ
рН до контакта	5,63	7,01	9	–	–	–	–	–
рН после контакта	7,83	7,96	8,14	7,77	6,5–8,5	6,5–8,5	–	–
Железо	0,34	0,2	0,13	0,066	0,1	0,15	4	токс
Алюминий	0,18	0,16	0,19	нет данных	0,04	нет данных	4	токс
Свинец	0,001	0,0009	0,0012	нет данных	0,006	нет данных	2	токс
Медь	0,0051	0,0049	0,0054	0,006	0,001	0,014	3	токс
Цинк	0,0173	0,0141	0,0164	0,015	0,01	0,027	3	токс
Никель	0,00083	0,00104	0,00071	нет данных	0,01	нет данных	3	токс
Мышьяк	0,027	0,021	0,024	0,031	0,01	0,019	3	токс
Хром	0,0012	0,0017	0,0014	нет данных	0,02	нет данных	3	токс
Ванадий	0,0205	0,0184	0,023	0,0201	0,001	0,001	3	токс
Фтор	1,83	1,74	1,79	1,91	0,75	0,75	3	токс

Таким образом, наблюдается превышение ПДК в сбросах воды в водный объект по фтору, мышьяку, ванадию. Концентрации железа и алюминия так же превышают ПДК<sub>р-х</sub>, однако в осветленной воде эти показатели вероятнее всего будут ниже упомянутого ПДК вследствие отстаивания сточной воды в пруде–отстойнике.

Методическими указаниями по нормированию сбросов загрязняющих веществ со сточными водами тепловых электростанций нормируются следующие показатели: взвешенные вещества, рН, БПК, минерализация, хлориды, сульфаты, нефтепродукты, кальций, железо, алюминий, медь. Кроме того, в зависимости от состава сжигаемого топлива отдельно нормируется и состав сточных вод систем ГЗУ по содержанию марганца, ванадия, мышьяка, селена, фтора, хрома.

В таблице 3 представлены величины нормируемых показателей сточных вод системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ.

Таблица 3 – Нормируемые показатели сточных вод системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ

Показатель	Среднегодовое значение, мг/л	Разрешение на сброс в р. Мишеляк	ПДК <sub>р-х</sub>
Хлориды	41,5	52,0	300
Сульфаты	71,6	90	100
Взвешенные вещества	4,8	13,25	0,75+фон
Нефтепродукты	0,020	0,17	0,05

По данным показателям превышение ПДК в сбросах воды в водный объект не наблюдается.

Для рационального выбора технологической схемы системы ГЗУ и подбора оборудования необходимо иметь данные о таких показателях, как щелочность и содержание сульфатов в осветленной воде. Этими показателями характеризуется вероятность появления и состав отложений в трубопроводах и насосах. Щелочность осветленной воды в оборотных системах ГЗУ обусловлена в основном содержанием свободной окиси кальция в золе: если ее более 2 г-экв в 1 кг золы (более 5,6 % свободного CaO), то осветленная вода будет насыщенным или пересыщенным раствором Ca(OH)<sub>2</sub> с рН = 12,6. При содержании в летучей золе от 0,5 до 2 г-экв/кг свободного оксида кальция (1,4—5,6%) в системах с сухими золоуловителями осветленная вода будет иметь рН = 11,5—12,5, а с мокрыми золоуловителями рН = 11 — 12. Если количество свободной окиси кальция в летучей золе менее 0,5 г-экв/кг, то рН осветленной воды будет в пределах 8—11,5 при сухих и 6—11 при мокрых золоуловителях. [19]

По характеру протекающих в замкнутых системах ГЗУ процессов они могут быть разделены на группы. В качестве примера в таблице \_\_ дана классификация для систем ГЗУ с сухими золоуловителями. Характерная отличительная особенность первой группы состоит в том, что осветленная вода значительно пересыщена гидратом окиси кальция, поэтому если осветленную воду сразу перекачивать на электростанцию, то избыток  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  будет кристаллизоваться на внутренней поверхности насосов и трубопроводов осветленной воды, а также в арматуре, трубах и соплах внутренних линий смывной воды.

Ко второй группе замкнутых систем ГЗУ относятся такие, фильтрат пульпы которых, поступающий на золоотвал, содержит гидрат оксида кальция с концентрацией меньше предела растворимости, и поэтому в системах ГЗУ отсутствуют отложения кристаллов гидрата оксида кальция.

Образование отложений в этой группе систем ГЗУ носит ярко выраженный сезонный характер. Зимой, когда бассейн золоотвала покрывается льдом, карбонат кальция практически не образуется, так как нет контакта воды с углекислотой воздуха, и рост отложений приостанавливается, а смывные и побудительные сопла не забиваются. Летом вследствие более значительной скорости кристаллизации карбоната кальция (из-за повышенной температуры) в насосы осветленной воды поступает слабо пересыщенная осветленная вода.

Весной и осенью при отсутствии ледового покрова при низкой температуре воды из пересыщенной карбонатом кальция осветленной воды выпадают кристаллы, содержащие шесть молекул кристаллизационной воды, что и обуславливает относительно быстрый рост отложений.

К третьей группе замкнутых систем ГЗУ относятся системы, транспортирующие золу и шлак, не содержащие соединений, легко выщелачиваемых водой. Никаких отложений в этих системах не образуется.

Таблица 4 – Состав осветленной воды и состав возможных отложений в зависимости от вида сжигаемого на ТЭЦ топлива

Номер группы	Топливо	Содержание оксида кальция в золе, %	Состав осветленной воды, мг–экв/л				Возможный состав отложений
			$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$\text{CaCO}_3$	$\text{CaSO}_4$	pH	
1	Угли Канско–Ачинского бассейна, сланцы, торф некоторых месторождений	>15	>46	>1,6	<30	>12	$\text{Ca}(\text{OH})_2$

Продолжение таблицы 4

Номер группы	Топливо	Содержание оксида кальция в золе, %	Состав осветленной воды, мг–экв/л				Возможный состав отложений
			Ca(OH) <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub>	pH	
2	Угли Донецкого, Кузнецкого, Львовско–Волынского бассейнов	10–3	<46	>1,6	<30	8,5–12,6	CaCO <sub>3</sub>
3	Угли Экибастузского, Подмосковного, Кизеловского бассейнов, угли месторождений Кавказа	<3	0,0	1,6	<30	5,0–8,5	Не образуются

Как известно, на Аргаяшской ТЭЦ используется уголь Майкубенского угольного разреза, который относится к Экибастузскому угольному бассейну. Следовательно, можно утверждать, что осветленная вода из системы ГЗУ не будет вызывать появление отложений в трубопроводах системы.

Таким образом, осветленная вода подходит для того, чтобы использовать ее в оборотном водоснабжении системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ.

#### 1.4 Воздействие Аргаяшской ТЭЦ на воздух, почву, подземные и поверхностные воды

В настоящий момент существующая система ГЗУ АргТЭЦ используется с нарушениями экологического законодательства, экономически неэффективно используются природные ресурсы, а именно: существующая система гидрозолоудаления не предусматривает повторное использование в технологическом цикле ТЭЦ взятой из природной среды воды. Существующая система – прямоточная, при принятой схеме не обеспечивается предотвращение пыления золошлаковых отходов, загрязнение прилегающей территории, не обеспечивается изоляция техногенных вод от грунтовых вод и воды водного объекта реки Мишеляк. При существующем состоянии наблюдается превышение ПДК в сбросах воды в водный объект по фтору, мышьяку, ванадию и др.

Природные водоемы являются сложными экологическими системами (экосистемы) существования биоценоза – сообщества живых организмов (растений и животных). Эти системы создавались на протяжении многих тысячелетий эволюционного развития живого мира. Водоемы представляют собой не только хранилища и сборники воды, в которых вода усредняется по качеству, но в них непрерывно протекают процессы изменения состава примесей – приближение к равновесию. Это равновесие может быть нарушено в результате человеческой деятельности, в частности сброса сточных вод тепловых электростанций.

Живые организмы (гидробионты), обитающие в водоемах, плотно взаимосвязаны между собой условиями жизни, и в первую очередь средствами питания. В процессе самоочищения водоемов гидробионты играют почти главную роль. Часть гидробионтов, чаще всего это растения, синтезируют органические вещества, пользуясь при этом неорганическими соединениями из окружающей среды, такие, как  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и др.

Другие гидробионты (обычно животные) готовые органические вещества усваивают. Водоросли также минерализуют органические вещества. Они при этом выделяют кислород в процессе фотосинтеза. Основная часть кислорода проникает в водоем при контакте воды с воздухом путем аэрации.

Микроорганизмы (бактерии) способствуют процессу минерализации органики при окислении ее кислородом.

Отклонение экосистемы от равновесного состояния, вызванное, к примеру, сбросом сточных вод, может привести к отравлению и даже гибели определенного вида (целой популяции) гидробионтов, в следствии чего произойдет цепная реакция угнетения всего биоценоза. Процессами самоочищения водоема называют процессы, которые интенсифицируют отклонение от равновесия и приводящие водоем в оптимальное состояние. Важнейшие из этих процессов следующие:

- минерализация (окисление) органических примесей;
- нейтрализация кислот и оснований за счет буферной емкости воды водоема (щелочности), влекущий за собой изменение ее pH;
- гидролиз ионов тяжелых металлов, приводящий к созданию их малорастворимых гидроксидов и выделению их из воды;
- осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей;
- стабилизация углекислотного равновесия в воде, сопровождающееся или выделением твердой фазы ( $\text{CaCO}_3$ ), или переходом части ее в воду.
- окисление минеральных примесей кислорода;

От гидробиологической и гидрохимической обстановки зависят процессы самоочищения водоемов. Основные факторы, существенно влияющие на водоемы

– это концентрации вредных примесей, тормозящих или затрудняющих протеканию процессов самоочищения водоемов, температура воды, минералогический состав примесей, показатель рН воды, концентрация кислорода.

Для гидробионтов более приемлемый показатель рН=6,5...8,5.

Так как сбросы воды из систем охлаждения оборудования тепловых электростанций несут преимущественно «тепловое» загрязнение следует отметить, что температура оказывает значительное влияние на биоценоз в водоеме. С одной стороны, температура оказывает мощное прямое воздействие на скорость протекания химических реакций, с другой – на скорость восстановления дефицита кислорода. Процессы размножения гидробионтов ускоряются при повышении температуры.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в воде водоема это его концентрация, которая при ежедневном воздействии в течение длительного промежутка времени на организм человека не вызывает каких-либо заболеваний и патологических изменений, обнаруживаемых современными способами исследований, а также соблюдает биологического оптимум в водоеме.

На природные водоемы отдельные загрязнители, характерные для теплоэлектростанций, оказывают чувствительное влияние.

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

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

Донные отложения нефтепродуктов становятся источником вторичного загрязнения воды так как естественным путем удаляются еще более медленно. При острой необходимости осуществляется искусственная зачистка.

Нефтепродукты, присутствующие в воде делают воду непригодной для питья. Особенно существенный ущерб получает рыбное хозяйство. Наиболее чувствительны к переменам химического состава воды и к попаданию в нее нефтепродуктов в эмбриональном периоде рыбы. Нефтепродукты, попавшие в

водоем, приводят также к гибели важной составляющей кормовой базы рыб – планктона.

Водоплавающие птицы тоже страдают от загрязнения водоемов нефтепродуктами. В первую очередь повреждаются кожа птиц и оперение. В результате этого птицы погибают при обильном поражении.

Способностью накапливаться в организме обладают соединения ванадия. Эти соединения являются ядами с весьма разнообразным влиянием на организм и могут вызвать изменения в органах дыхания, кровообращения, в нервной системе: приводят к аллергическим поражениям кожи, дыхательных путей и нарушению обмена веществ.

Растворимые соли железа, образующиеся в результате воздействия кислоты на металл теплового энергооборудования занимают не последнее место во влиянии на природные водоемы. При нейтрализации кислых растворов щелочи переходят в гидрат оксида железа, выпадающий в осадок и имеющий возможность отлагаться на жабрах рыб, что затрудняет им дыхание. Комплексы лимонной кислоты с железом отрицательно влияют на запах и цвет воды. Кроме того, соли железа владеют некоторым общим токсическим воздействием, а соединения трехвалентного (окисного) железа действуют обжигающе на пищеварительный тракт.

Соединения меди при избыточном попадании в организм вызывают нарушения желудочно–кишечного тракта так как обладают общим токсическим действием. Даже незначительные концентрации меди опасны для рыб и могут нанести необратимые последствия.

Соединения никеля снижают кровяное давление, поражают ткань легких, вызывают желудочные заболевания, функциональные нарушения центральной нервной системы.

Для питьевого водоснабжения не могут быть использованы воды, содержащие нитраты и нитриты в количествах, превышающих предельно допустимые. После их употребления были зарегистрированы случаи тяжелой метгемоглобинемии, заболевание, при котором более 1% от общего количества гемоглобина в эритроцитах принимает форму метгемоглобина, аномальной формы гемоглобина, которая не может связываться с кислородом. Кроме того, нитраты весьма неблагоприятно действуют на рыб и высших беспозвоночных.

Гидразин, соединения фтора, мышьяка, ртути ядовиты как для фауны водоемов, так и для человека. Однако в воде, применяемой для питьевых целей, должна быть точная концентрация фтор–ионов (приблизительно 1,0—1,5 мг/л). И меньшие, и большие концентрации фтора вредны для человеческого организма.

На флору и фауну водоемов может отрицательно воздействовать повышенное содержание солей в сточных водах, даже обусловленное наличием нейтральных солей, близких по составу к солям, содержащимся в обычных водах водоемов.

Чтобы снизить отрицательное воздействие тепловых электростанций на водоемы применяются следующие основные пути: очисткой сточных вод от различных примесей и загрязнений перед их сбросом в водоемы, организацией необходимого контроля; использованием сточных вод в цикле ТЭС; уменьшением количества сточных вод вплоть до создания бессточных электростанций; усовершенствованием технологии самой ТЭС.

На три группы разделяются вещества по своему влиянию на санитарный режим водоемов.

Первую группу составляют неорганические вещества, содержание которых в данных растворах близко к значениям ПДК. Ими являются сульфаты и хлориды магния, натрия, кальция. Сброс в водоем сточных вод, содержащих эти вещества, будет лишь не на много повышать содержание солей в воде.

Ко второй группе отнесены вещества, содержание которых значительно превышает ПДК; к ним следует отнести соли металлов (цинка, меди, железа), фторсодержащие соединения, мышьяк, гидразин. Эти вещества пока не могут быть биологически переработаны в безвредные для живых организмов продукты.

В третью группу объединяется все органические вещества, а также аммонийные соли, сульфиды, нитриты. Одинаковым для веществ этой группы является то, что все они могут быть окислены до менее вредных продуктов или совсем безвредных: воды, фосфатов, сульфатов, нитратов, углекислоты, поглощая при этом из воды растворенный кислород. Скорость такого окисления различна для разных веществ.

На данный момент оказывается негативное воздействие на атмосферный воздух – пыление золошлаковых отходов из-за несовершенства существующей системы увлажнения тела золоотвала, и, следовательно, загрязнение почвенного слоя окружающих территорий.

Одним из существенных путей воздействия золоотвалов на окружающую среду является вынос в атмосферу пылевых частиц с поверхности золошлакоотвалов ТЭС в результате ветровой эрозии и последующее их осаждение на почве и растительности. Ветровая эрозия золошлаковых полей представляет собой разрушение сложившейся в процессе складирования и статического хранения структуры дисперсной слабосвязанной обезвоженной золы ТЭС под воздействием ветровоздушного потока. Она определяется характером и интенсивностью воздействия ветрового потока, свойствами складированного материала, технологией складирования, а также конструкцией объекта. [18]



Пыль поднимается в воздух и может переноситься на значительные расстояния. Взвешенные в воздухе частицы пыли уменьшают видимость, проникают в дыхательные пути человека, оказывают вредное воздействие на его здоровье. Пыль оседает на поверхности земли, придавая ей неприглядный пыльный вид, меняет минеральный состав почв, наблюдается оскудение животного и растительного мира. Частицы пыли могут служить ядрами, на которых конденсируется водяной пар. Продолжительные туманы могут быть вызваны высоким уровнем содержания частиц в воздухе.

## Выводы по разделу I

Аргаяшская ТЭЦ — теплоэлектроцентраль (разновидность тепловой электростанции), расположенная в посёлке Новогорный Озёрского городского округа Челябинской области.

Климат района расположения ТЭЦ умеренно континентальный.

Рельеф на участке спокойный, с абсолютными высотами 235–250 метров. Район размещения золошлакоотвала №2 Аргаяшской ТЭЦ приурочен к зоне развития эффузивных и метаморфических пород, представленных порфиритами, базальтовыми диабазами, сланцами.

Гидрография района представлена рекой Мишеляк и озером Улагач.

Система гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ предназначена для удаления золошлаковых отходов после сжигания твердого топлива – угля в энергетических котлах. Представляет собой транспортную систему золошлаковых отходов с несущим агентом водой.

В рамках данной научно–исследовательской работы было предложено проанализировать качество исходной воды с различными значениями рН после контакта с золой в системе ГЗУ.

В результате эксперимента было выявлено, что величина рН исходной воды не оказывает значительного влияния на количество выщелачиваемого металла, значения всех показателей находятся в пределах погрешности методов исследования. Следовательно даже при колебаниях значения рН исходной воды озера Улагач, или воды, циркулирующей в оборотной системе водоснабжения (в случае перевода системы ГЗУ на оборотную схему), наблюдаться скачков в количестве выщелачиваемых металлов не будет. Исходя из этого, можно сделать вывод, что сточные воды системы ГЗУ будут иметь примерно постоянный состав вне зависимости от рН исходной воды.

После контакта с золой вода по показателю рН нормализуется до значений 7,83–8,14 и вписывается в допустимые пределы значений для рыбохозяйственных водоёмов. Следовательно, отсутствует необходимость в подщелачивании воды

или ее подкислении, что упрощает технологическую схему очистки сточной воды системы ГЗУ и дает значительную экономию реагентов.

В настоящий момент существующая система ГЗУ АргТЭЦ используется с нарушениями экологического законодательства, экономически неэффективно используются природные ресурсы, а именно: существующая система гидрозолоудаления не предусматривает повторное использование в технологическом цикле ТЭЦ взятой из природной среды воды. Существующая система – прямоточная, при принятой схеме не обеспечивается предотвращение пыления золошлаковых отходов, загрязнение прилегающей территории, не обеспечивается изоляция техногенных вод от грунтовых вод и воды водного объекта реки Мишеляк. При существующем состоянии наблюдается превышение ПДК в сбросах воды в водный объект по фтору, мышьяку, ванадию.

В связи с вышеуказанным заключаем необходимость перехода на оборотную систему водоснабжения.

## 2 ВАРИАНТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ГЗУ АРГАЯШСКОЙ ТЭЦ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА

Анализ существующей системы ГЗУ привел нас к выводу о необходимости модернизации системы ГЗУ на Аргаяшской ТЭЦ с целью сохранения водных ресурсов территории.

В результате модернизации планируется получить ряд экологических преимуществ (по сравнению с существующей системой удаления, транспортировки и хранения золошлаков):

1. Прекращение сброса загрязненных сточных вод в реку Мишеляк, уменьшение загрязнения водного бассейна Челябинской области и реки Тобол;
2. Уменьшение производительности водозабора из озера Угалач для подпитки системы ГЗУ до 70 м<sup>3</sup>/час и восстановление озера, которое в настоящее время находится в критическом состоянии;
3. Исключение инфильтрации вредных веществ с территории золоотвала в подземные водные горизонты.

Нами предлагается три варианта модернизации, позволяющие достигнуть результата.

Вариант 1 – организация оборотного водоснабжения ГЗУ при существующем золоотвале, с экранированием ложа золоотвала и откосов дамб. При этом сток реки Мишеляк не участвует в водном балансе системы ГЗУ.

Вариант 2 – организация оборотного водоснабжения ГЗУ при существующем золоотвале с включением стока реки Мишеляк в оборотную систему ГЗУ, без экранирования существующих дамб и основания золоотвала.

Вариант 3 – строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с заменой аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию.

### 2.1 Организация оборотного водоснабжения системы ГЗУ при существующем золоотвале с экранированием ложа золоотвала и откосов дамб

По проекту 1998 года золоотвал состоит из двух секций: верхней и нижней, примыкающей к реке Мишеляк. Площадь верхней (северной) – 189 га, нижней (южной) – 241 га. Реализация проекта 1989 года выполнялась в 2000–2014 годах. К настоящему времени построена разделительная дамба золоотвала и верхняя секция золоотвала. Внутри верхней секции отсыпаны технологические дамбы для прокладки разводящих золошлакопроводов. В ложе секций залегают ранее намывные золошлаки. В основании ограждающих дамб залегают золошлаки. Тело дамб отсыпано также из золошлаков. Коэффициент фильтрации золошлаков в

инженерно–геологических изысканиях под рабочий проект 1998 года составляет 1 м/сут. При столь больших площадях секций золоотвала и названном коэффициенте фильтрации ложа золоотвала, основания и тела дамб удержать осветлённую воду в секциях без экранирования ложа секций и откосов дамб не представляется возможным. Практика показала, что при намыве золошлаков в действующую верхнюю секцию осветлённая вода уходит в верхний горизонт подземных вод и далее частично разгружается в реку Мишеляк.

Следует отметить невозможность перевода ГЗУ на оборотную систему водоснабжения в связи с загрязнением золоотвала № 2 радионуклидами.

Проблему недопустимых фильтрационных потерь и защиты от радионуклидов, залегающих в ложе золоотвала, можно решить при полном водонепроницаемом экранировании золоотвала и прудка осветлённой воды.

В этом варианте невозможно полностью вернуть воду, поступающую на золоотвал. При существующей площади золоотвала потери на испарение позволят вернуть порядка 60–70% воды поступающей на золоотвал. Этого объёма достаточно для подачи воды на существующие смывные насосы. Объем эжектирующей воды, подаваемой на аппараты Москалькова, и перекачиваемая далее вместе с золошлаковой пульпой на золоотвал, будет приблизительно равен безвозвратным потерям.

Принципиальная схема золоотвала по данному варианту показана на рисунке 2.1.

Экранирование ложа золоотвала и прудка осветлённой воды, а также внутренних откосов ограждающих дамб предусматривается с использованием геомембраны толщиной 1,0 мм, с предварительным планированием и уплотнением основания, с устройством сверху защитного слоя из золошлаков: в ложе толщина защитного слоя – 0,5 м, на откосах дамб – 1 м. Площадь экранирования ложа золоотвала и откосов дамб – 450 га. По объектам аналогам удельная стоимость прямых затрат экранирования составляет 320 руб/кв.м, из них стоимость плёнки со сваркой – 150 руб/кв.м. Тогда общая стоимость прямых затрат по экранированию всего золоотвала составит  $320 \cdot 4500000 = 1440000000$  руб = 1,44 млрд.руб.

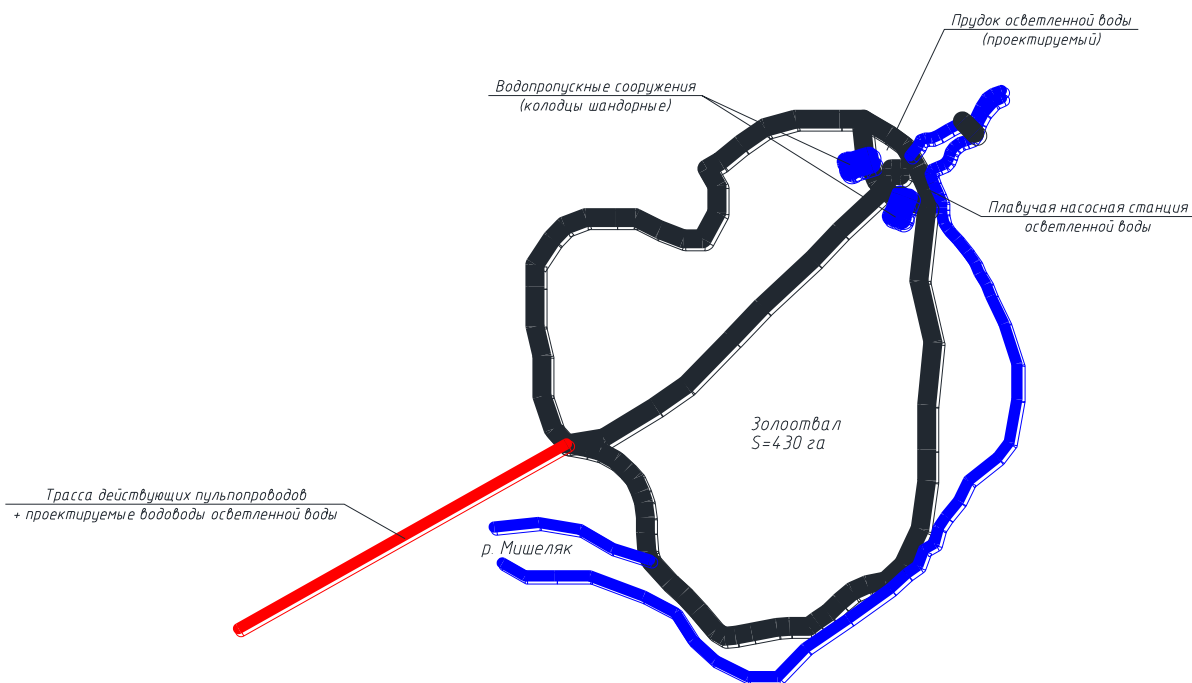


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема золоотвала по варианту №1

Система возврата осветлённой воды включает:

- плавучую насосную станцию осветлённой воды, устанавливаемую в прудке осветлённой воды;
- две нитки напорных трубопроводов осветлённой воды диаметром 530 мм; протяжённость трассы – до 7,0 км.

Таким образом, в первом варианте предусматривается:

- Экранирование ложа золоотвала и внутренних откосов ограждающих дамб;
- Строительство системы осветлённой воды на ТЭЦ трассы осветлённой воды;
- Устройство нового прудка осветлённой воды и устройство технологических дамб под разводящие золошлакопроводы;
- Устройство плавучей насосной станции.

## 2.2 Организация оборотного водоснабжения системы ГЗУ при существующем золоотвале с включением стока реки Мишеляк в оборотную систему ГЗУ

В этом варианте прудом осветлённой воды служит пруд, образованный существующей дамбой перегораживающей реку. Питание пруда будет осуществляться за счёт естественного стока реки (среднегогодовой сток около 2 млн.куб.м), фильтрационных потерь из золоотвала, а также частично за счет сброса осветлённой воды из золоотвала в многоводные, влажные периоды. Большая часть фильтрационных потерь из золоотвала будет израсходована на питание подземных вод, а меньшая часть будет поступать в реку и пруд. В этом случае гарантированный возврат воды из пруда будет составлять, также как и в первом варианте, не более чем 60–70% от объёма воды поступающей с золошлаковой пульпой на золоотвал.

Принципиальная схема золоотвала приведена на рисунке 2.2.

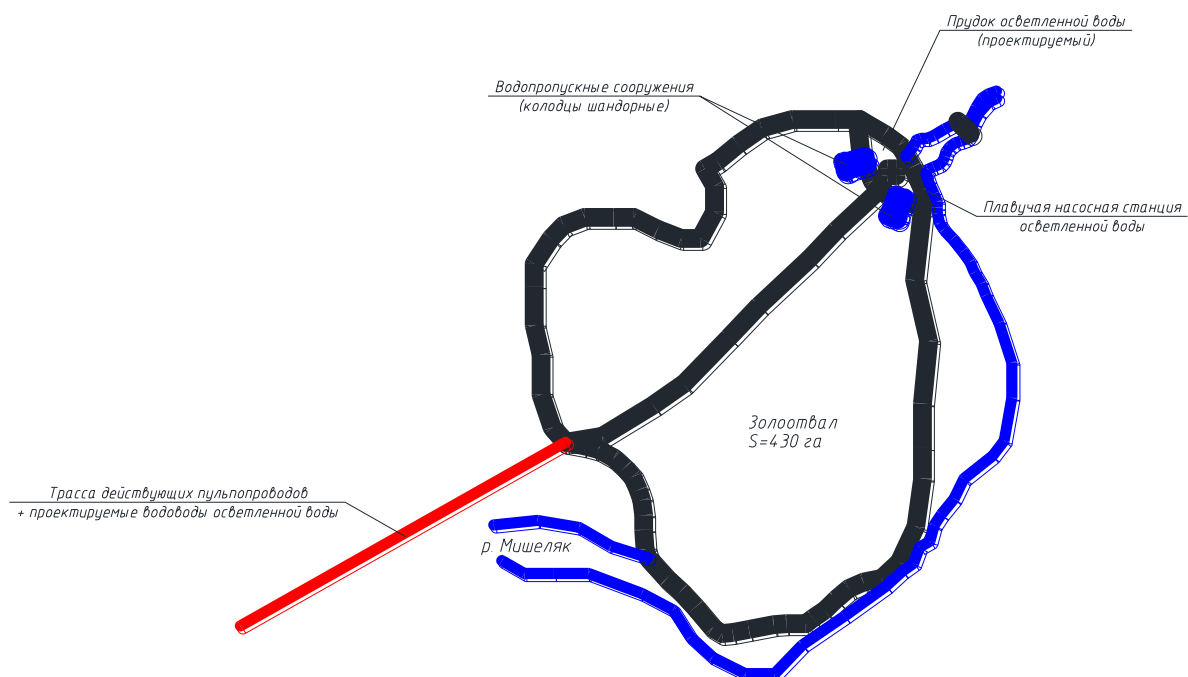


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема золоотвала по варианту №2

Однако, как уже указано выше (в варианте 1) невозможен перевод ГЗУ на оборотную систему водоснабжения в связи с загрязнением золоотвала № 2 радионуклидами. Прикрытие сверху золошлаками ложа существующего

золоотвала, выполненное за истекшие годы, не улучшило ситуацию с загрязнением радионуклидами в районе золоотвала подземных и поверхностных вод, которые в случае реализации рассматриваемого варианта попадут в систему ГЗУ и далее на станцию.

Реализация этого варианта возможна при гипотетическом выполнении следующих условий: 1) получение в соответствии с требованиями главы 3 Водного кодекса решения о предоставлении реки Мишеляк в пользование; 2) согласование экологической экспертизы рассматриваемого варианта; 3) Постоянный дозиметрический и химический контроль возврата осветленной воды на станцию и возможность возврата системы для работы по прямоточной схеме при превышении ПДК загрязняющих веществ в осветленной воде.

Таким образом, во втором варианте предусматривается:

- Строительство системы возврата осветлённой воды на ТЭЦ трассы осветлённой воды;
- Устройство плавучей насосной станции;
- Строительство технологических дамб.

### 2.3 Строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с заменой аппаратов Маскалькова на багерную насосную станцию

В рассматриваемых природных и техногенных условиях перевод действующей прямоточной системы ГЗУ на оборотную возможен при условии создания гидроизолированного золоотвала и пруда (ёмкости) осветлённой воды.

Наиболее оптимальным решением создания гидроизолированного золоотвала является поярусное наращивание, с выполнением гидроизолированного первого яруса, а также прудка осветлённой воды, с последующим наращиванием второго и последующих ярусов на золошлаковые пляжи первого и последующих ярусов с устройством ограждающих дамб с трубчатыми дренажами и дренажными насосными, откачивающие дренажные воды в золоотвал.

Параметры золоотвала определены согласно п.12.5 СП 90.13330.2012.

Золоотвал предусмотрен двухсекционный, трёхярусный. Каждый ярус рассчитан на складирование золошлаков в течение 5 лет. По условиям планируемого размещения золоотвала на верхней части существующего золоотвала и максимального использования существующих дамб для устройства ограждающих дамб 1 яруса золоотвала целесообразно устройство каждого яруса на срок складирования золошлаков 7 лет.

Согласно заданию, годовой выход золошлаков 270 тыс. тонн. Расчётный объём каждого яруса составляет:  $5 \cdot 270 : 0,9 : 0,9 = 1,7$  млн. куб. м (0,9 – средняя плотность сухого золошлака в золоотвале, 0,9 – коэффициент заполнения яруса).

Оптимальные параметры золоотвала в данном случае определены исходя из стоимости работ по гидроизоляции золоотвала и стоимости земляных работ по устройству дамб обвалования и устройству защитного слоя гидроизоляции первого яруса – при сокращении площади уменьшаются затраты по устройству экрана, но увеличиваются затраты на земляные работы.

Размещение нового золоотвала предусматривается на верхней секции существующего золоотвала, в северо-западной части, примыкающей к существующей трассе магистральных золошлакопроводов с эксплуатационной дорогой. При этом предусматривается использовать существующие ограждающие дамбы при строительстве 1 яруса золоотвала.

Золоотвал состоит из двух секций (каждая приблизительно по 40 га) и пруда осветлённой воды (4,5 га), примыкающего к секциям золоотвала. Все ограждающие и разделительная дамбы (секций и ярусов) устраиваются из местных золошлаков с прикрытием гребня и откосов дамб сверху местным грунтом слоем 0,2 м. Секции 1 яруса и пруд имеют общее экранирование дна и откосов ограждающих дамб. Экранирование выполняется с помощью геомембраны «Техполимер» тип 4/5 текстурированной толщиной 1,0 мм с защитным слоем из нетканого геотекстиля плотностью  $1200 \text{ г/м}^2$ . Сверху экрана устраивается защитный слой из местных золошлаков толщиной 0,5 м – на дне и 1,0 м на откосах. Каждая секция имеет по два водосбросных сооружения с шандорными колодцами.

После полного заполнения 1 секции 1 яруса золоотвала заполняется 2 секция 1 яруса, и выполняются работы по строительству 1 секции 2 яруса. Ввод в эксплуатацию 1 секции 2 яруса должно закончиться до полного заполнения 2 секции 1 яруса. Время заполнения каждой секции каждого яруса 3–4 года.

В прудке осветлённой воды устанавливается плавучая насосная станция с тремя насосами. От плавучей насосной станции до главного корпуса ТЭЦ предусмотрена прокладка двух напорных водоводов из стальных труб на новых лежневых общих опорах с существующими золошлакопроводами.

В существующей системе золошлакоудаления работают аппараты Москалькова. При строительстве гидроизолированного трёхярусного золоотвала и организации оборотного водоснабжения системы ГЗУ возникает необходимость замены аппаратов Москалькова на багерную насосную по следующим причинам:

1) не достаточно напора, создаваемого аппаратами, для подачи золошлаков на ярусы золоотвала;



2) возврат воды можно осуществить только в объёме воды, подаваемой на смывные насосы, так как осветлённая вода из золоотвала не может быть использована для эжекции аппаратов Москалькова, также как не может быть использована для других целей.

Замена аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию позволяет: снизить расчетное потребление воды на подпитку системы ГЗУ при расчетном обороте воды в системе ГЗУ до  $630 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; перекачивать пульпу под давлением на более высокие отметки (ярусы); 100% использование оборотной осветленной воды в системе ГЗУ.

Разместить багерные насосы предполагается в приямке аппаратов Москалькова. Ввиду малых габаритов и невозможности расширения существующего приямка, предполагается установка погружных вертикальных шламовых насосов.

При строительстве багерной насосной предусматривается сохранение в рабочем состоянии одного аппарата инж. Москалькова.

Багерный насос – гидравлическая машина лопастного типа для перемещения воды с взвешенными частицами золы, шлака, песка, измельченной руды и др. Конструктивные особенности багерных насосов обуславливаются необходимостью пропускания крупных твёрдых включений с высокой абразивностью. Багерные насосы имеют большие проходные сечения каналов проточной части, изготавливаются из износостойчивых материалов (между рабочим колесом и корпусом устанавливаются бронедиски), наиболее изнашиваемые детали легко заменяются. Багерный насос служит на тепловых электростанциях для удаления золы из котельной. [19]

Осветленная вода из золоотвала также может быть использована на орошение зольного поля существующего золоотвала №2 на площадях, не вовлеченных под строительство экранированного золоотвала.

Реализация этого варианта осуществляется в три этапа. Реализация каждого этапа обеспечивает складирование золошлаков на 7 лет.

1 этап включает:

- строительство первого яруса двухсекционного золоотвала: отсыпка ограждающих дамб золоотвала и прудка осветлённой воды; экранирование ложа золоотвала и прудка осветлённой воды, а также внутренних откосов ограждающих дамб с использованием геомембраны «Техполимер» толщиной 1,0 мм;

- строительства в каждой секции по два водосбросных сооружения для сброса воды из золоотвала в пруд осветлённой воды;

- устройство и установка плавучей насосной в прудке осветлённой воды;

- строительство багерной насосной;

– строительство двух ниток магистральных и разводящих золошлакопроводов;

2 этап включает:

– строительство второго яруса двухсекционного золоотвала: отсыпка ограждающих дамб с дренажами; строительство дренажных насосных станций для сброса дренажных вод в пруд осветлённой воды; наращивание шандорных колодцев водосбросных сооружений;

– монтаж разводящих золошлакопроводов 2 яруса;

3 этап включает:

– строительство третьего яруса двухсекционного золоотвала: отсыпка ограждающих дамб с дренажами; строительство сооружений для сброса дренажных вод в приёмные колодцы дренажных насосных станций; наращивание шандорных колодцев водосбросных сооружений;

– монтаж разводящих золошлакопроводов 3 яруса.

#### 2.4 Расчет водного баланса системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ

Значительное количество золошлакоотвалов (ЗШО) ТЭС в Российской Федерации находятся в зоне с избыточным увлажнением, поэтому отдельные специалисты электростанций, проектных и других организаций считают неизбежным накопление избыточных вод в отстойном пруде ЗШО с последующим сбросом осветленных вод в прилегающий водоток (водоем).

Подобный вывод основан на неполном выявлении составляющих водного баланса и учета конструктивно-технологических особенностей золошлакоотвалов.

Например, в Пособии по проектированию ВТИВНИПИ-Энергопрома не учитывается фильтрация с ЗШО, так как применяется противофильтрационное экранирование ложа, водный баланс рассчитывается только для отстойного пруда и т.п.

Наиболее адекватное уравнение водного баланса для системы гидрозолоудаления (ГЗУ), включая ЗШО, предложено Э.Л. Добкиным, аналогичное уравнение дано и в рекомендациях по проектированию хранилищ отходов металлургии.

Уравнение водного баланса ЗШО как сооружения, для которого характерно максимальное воздействие природных и технических факторов, имеет вид

$$P + Q_{п} + Q_{с} + Q_{пр} - Q_{ф} - E - V - Q_{в} = \Delta S_{з} + h_{з}, \quad (1)$$

где

P - объем атмосферных осадков, поступающих на поверхность ЗШО

(рисунок 2.3);

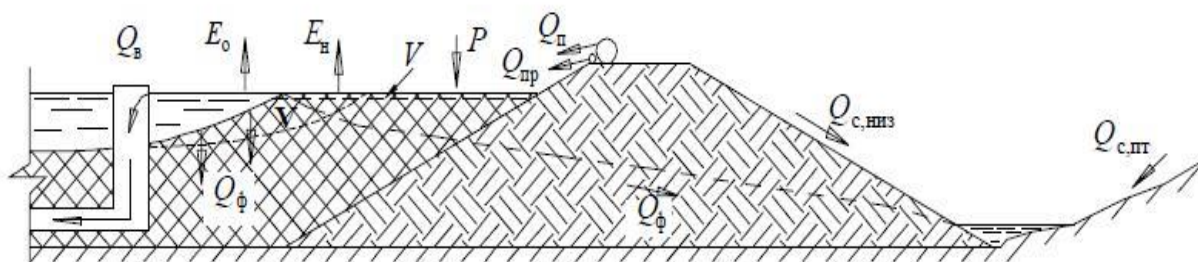


Рисунок 2.3 – расчетная схема составляющих водного баланса на ЗШО

$Q_p$  - объем водной составляющей поступающей пульпы;

$Q_c$  - приток с площади, примыкающей к сооружению (площадь водосбора);

$Q_{пр}$  - объем стоков (исключая золошлаковую пульпу), поступающих непосредственно в ЗШО из цехов ТЭС или близлежащих производств, с дренажных систем и т.п.;

$Q_f$  - фильтрация из золошлакоотвала;

$E$  - испарение с его верхней поверхности;

$V$  - аккумуляция воды в порах золошлаковых отходов;

$Q_v$  - объем воды, удаляемый в систему возврата осветленной воды;

$\Delta S_z$  – увеличение или уменьшение объема воды на ЗШО;

$h_z$  - невязка водного баланса, обусловленная погрешностями измерений и расчетов отдельных составляющих (элементов) уравнения.

В состав золошлакоотвала может входить бассейн осветленной воды (пруд вторичного отстоя) и дренажные каналы по контуру для случая откачки вод обратно в сооружение.

Уравнение водного баланса оборотной системы ГЗУ, включая ЗШО

$$Q_p + Q_d + P + Q_c + Q_{пр} - Q_v \pm Q_{вд} - Q_f + E + V = \Delta S_{oc} + h_{oc}, \quad (2)$$

где

$Q_d$  - объем дополнительных стоков, направляемых в систему гидротранспорта пульпы (внутри ТЭС или в магистральный пульпопровод);

$Q_{вд}$  - объем дополнительных притоков (атмосферные осадки и сток с прилегающей территории в канал осветленной воды и т.п.) или отборов из системы возврата осветленной воды, например, на пылеподавление;

$\Delta S_{oc} + h_{oc}$  - объем воды (изъятие или добавка), необходимый для обеспечения и поддержания в процессе эксплуатации ЗШО и оборотной системы ГЗУ нулевого водного баланса.

Составляющие уравнений водного баланса могут быть представлены в виде объема или расхода (на электростанциях наиболее принято представление расхода в м<sup>3</sup>/час).

Так как уравнения (1) и (2) представлены в общем виде, то они могут использоваться для любого интервала времени, однако с позиций эксплуатации системы ГЗУ и ЗШО предлагается помимо годового рассчитывать водный баланс для следующих периодов: зимний, весенний (паводковый), летний, осенний, особый (характерный). Продолжительность периодов определяется климатическими характеристиками места размещения ТЭС, например, для расположенного в Северо-Западном регионе ЗШО они могут быть приняты следующими: зимний – 5 мес. (ноябрь - март), весенний и осенний – 2 мес. (апрель - май и сентябрь - октябрь), летний – 3 мес. К особому периоду следует отнести такой интервал времени, когда на номинальную эксплуатацию ЗШО (системы ГЗУ) действуют различные факторы, например ввод ЗШО в эксплуатацию (начальное заполнение или после реконструкции); ТЭС не сжигает твердое топливо в период с мая по август и т.п.

Следует отметить, что на большинстве ТЭС объем поступления золошлаков на ЗШО, расходы подаваемой на сооружение пульпы и отводимой воды максимальны в зимний период, что связано с увеличением выработки станцией тепло- и электроэнергии. Модификация уравнения (1) для зимнего периода

$$P_z + Q_{сз} + Q_{прз} - Q_{фз} - E_z - V_z - V_d = \Delta S_z + h_z \quad (3)$$

Уравнение (3) отличается от уравнения (1) наличием дополнительной составляющей  $V_d$ , характеризующей аккумуляцию воды в зимний период.

Расчеты по уравнениям (1) и (2) могут привести к следующим вариантам:

- 1)  $\Delta S_z$  (или  $\Delta S_{oc}$ ) = 0 - "нулевой баланс";
- 2)  $\Delta S_z$  ( $\Delta S_{oc}$ ) > 0 - баланс положительный, имеет место увеличение объемов воды, функционирующих в оборотной системе ГЗУ, и повышение уровня отстойного пруда;
- 3)  $\Delta S_z$  ( $\Delta S_{oc}$ ) < 0 - баланс отрицательный, имеет место снижение объемов отстойного пруда на ЗШО.

Результаты расчетов составляющих уравнения водного баланса имеют погрешность не менее 15%. Также для ЗШО характерны: недостаточная репрезентативность данных по геологии основания, различия в водно-физических характеристиках отходов, как правило повышенные по сравнению с проектными расходы воды на удаление золы и шлака, дополнительные (не проектные) сбросы в систему ГЗУ с других водяных контуров ТЭС и т.п.

С учетом неопределенности исходных данных и особенностей ЗШО для проведения расчетов водного баланса на ряде ТЭС, в том числе при выборе методик и расчетных формул, назначении данных и т.п., был принят единый подход, основанный на положении, что мероприятия по добавлению воды на золошлакоотвал и в систему ГЗУ осуществляются проще и требуют меньших затрат по сравнению с мероприятиями по исключению, перераспределению или нейтрализации избытков осветленной воды. [14]

## 2.5 Обоснование выбора варианта

Наиболее простым в решении, но и наиболее затратным как при строительстве так и при эксплуатации является вариант №1 – данный вариант к дальнейшей проработке не принимается.

Наиболее экономичным вариантом с точки зрения капитальных вложений и удельных капитальных затрат является вариант №2, однако, в виду высоких экологических рисков и крайне низкой вероятности его согласования в соответствующих инстанциях, высокой вероятности загрязнения радионуклидами оборудования ТЭЦ, высоким потреблением водных ресурсов, затрат электроэнергии при эксплуатации системы ГЗУ – данный вариант к дальнейшей проработке не принимается.

Капитальные и удельные затраты по варианту №3 втрое ниже чем по варианту №1, при этом отсутствуют риски не прохождения государственной экологической экспертизы, не требуются дополнительные согласования сторонних структур – данный вариант может быть принят к дальнейшей проработке.

На основании анализа компонентов к дальнейшей проработке принят вариант 3 – Строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с заменой аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию.

## Выводы по разделу II

Анализ существующей системы ГЗУ привел нас к выводу о необходимости модернизации системы ГЗУ на Аргаяшской ТЭЦ с целью сохранения водных ресурсов территории.

В результате модернизации планируется получить ряд экологических преимуществ (по сравнению с существующей системой удаления, транспортировки и хранения золошлаков):

1. Прекращение сброса загрязненных сточных вод в реку Мишеляк, уменьшение загрязнения водного бассейна Челябинской области и реки Тобол;

2. Уменьшение производительности водозабора из озера Угалач для подпитки системы ГЗУ до 70 м<sup>3</sup>/час и восстановление озера, которое в настоящее время находится в критическом состоянии;

3. Исключение инфильтрации вредных веществ с территории золоотвала в подземные водные горизонты.

Нами предлагается три варианта модернизации, позволяющие достигнуть результата.

Вариант 1 – организация оборотного водоснабжения ГЗУ при существующем золоотвале, с экранированием ложа золоотвала и откосов дамб. При этом сток реки Мишеляк не участвует в водном балансе системы ГЗУ.

Вариант 2 – организация оборотного водоснабжения ГЗУ при существующем золоотвале с включением стока реки Мишеляк в оборотную систему ГЗУ, без экранирования существующих дамб и основания золоотвала.

Вариант 3 – строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с заменой аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию.

На основании анализа компонентов к дальнейшей проработке принят вариант 3 – Строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с заменой аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию.

### 3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ГЗУ АРГАЯШСКОЙ ТЭЦ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

#### 3.1 Выбор и обоснование технологических решений в выбранном варианте модернизации

Реконструированная система гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ с оборотной схемой водоснабжения рассчитана для складирования золошлаковых отходов на протяжении работы ТЭЦ 22 лет, с условием сжигания преимущественно в качестве топлива углей Майкубенского угольного разреза с выходом золошлаковых отходов 270 тыс. куб. м./год.оборот воды используемой в замкнутом технологическом цикле системы ГЗУ 630 м<sup>3</sup>/час, подпитка цикла водой из системы технического водоснабжения 70 м<sup>3</sup>/час.

Разработка системы гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ имеет основной целью обеспечить использование вторичного ресурса осветленную воду системы гидрозолоудаления обратно в технологическом цикле золоудаления, обеспечить оборачиваемость ресурса для снижения экологической нагрузки от деятельности по выпуску электрической и тепловой энергии Аргаяшской ТЭЦ. Кроме этого в технологических решениях предусматриваются использовать вторично накопленные золошлаковые отходы на территории золоотвала №2 в качестве строительного материала для строительства дамб, ложа и покрытия ложа нового золоотвала.

Разрабатываемая система гидрозолоудаления является замкнутой и бессточной. Подача золошлаковой пульпы с площадки ТЭЦ производится багерной насосной станцией, располагаемой в главном корпусе, на месте существующих аппаратов Москалькова. Установленными погружными шламовый насосами марки НР 550/765 золошлаковая пульпа подается по магистральным золошлакопроводам на золошлакоотвал (две нитки трубопроводов: один рабочий второй резервный), организуемый на территории существующего золошлакоотвала №2.

Магистральные золошлакопроводы подключаются, к разводящим золошлакопроводам, которые размещаются на гребне ограждающей дамбы первого яруса первой и второй секций. Намыв золошлаков производится из выпусков, рассредоточенных по дамбам первой и второй секции. Нарращивание ярусов сопровождается перекладкой разводящих золошлакопроводов. [5]

Заполняемый золошлакоотвал запроектирован двухсекционным, в каждой секции располагаются два водосбросных сооружения, которые перепускают осветленную воду из чаши в пруд осветленной воды, сопряженный с секциями золошлакоотвала.



В пруде осветлённой воды устанавливается плавучая насосная станция с тремя насосами типа 1Д630–90. От плавучей насосной станции до главного корпуса ТЭЦ предусмотрена прокладка двух напорных водоводов осветленной воды.

Конструктивные решения по золошлакоотвалу, системе гидрозолоудаления и оборотного водоснабжения приняты согласно СП 90.13330.2012 «Электростанции тепловые».

Золошлакоотвал состоит из двух секций и пруда осветлённой воды, примыкающего к секциям золошлакоотвала. Ограждающая и разделительные дамбы яруса устраиваются из местных золошлаков с прикрытием гребня и откосов дамб сверху местным грунтом слоем 0,2 м. Секции первого яруса и пруд осветленной воды имеют общее экранирование дна и откосов ограждающих дамб. Экранирование выполняется с помощью геомембраны HDPE толщиной 1,0 мм тип 4/5. Сверху экрана устраивается защитный слой из местных золошлаков толщиной 0,5 м – на дне и 1,0 м на откосах. Каждая секция имеет по два водосбросных сооружения с шандорными колодцами.



Рисунок 3.1 – Геомембрана Техполимер

Геомембрана – это тонкий, однородный по всей площади полимерный лист, обладающий стопроцентной непроницаемостью, который предназначен для обеспечения гидроизоляции и создания геологических барьеров для защиты почвы и грунтовых вод от загрязнения токсичными веществами.



Производится из полиэтилена низкого давления (HDPE, ПНД) или линейного полиэтилена высокого давления (LLDPE, ПВД) с добавлением антиоксидантов, пластификаторов и стабилизаторов, таких как технический углерод, обеспечивающих устойчивость материала к ультрафиолету, высоким и низким температурам, агрессивным химическим веществам.

Листы геомембраны создаются посредством экструзии с дальнейшим охлаждением на трехвалковом кalandре, что позволяет создать однородное по толщине и консистенции полимерное полотно. Процесс плоской экструзии позволяет обеспечивать наилучший контроль толщины геомембраны и равномерность физико–механических показателей на любом участке полотна по всей ширине рулона.

Гидроизоляционная мембрана различается по типу сырья на геопленку, изготовленную из полиэтилена низкого давления и высокой плотности (HDPE или ПНД) и геопленку, произведённую из полиэтилена высокого давления и низкой плотности (LLDPE или ПВД).

Геомембрана HDPE характеризуется более высокой прочностью и стойкостью к агрессивным химическим веществам, что дает возможность использовать геопленку ПНД на ровных поверхностях большой площади: полигонах бытовых и промышленных отходов (твёрдых и жидких), защиты поверхностей из любого материала, изготовления резервуаров для питьевой воды и так далее.

Геомембрана LLDPE имеет большую эластичность, сохраняющуюся даже при очень низких температурах, и применяется для строительства на слабых основаниях и просадочных грунтах, в сейсмически активных районах, а также для обеспечения гидроизоляции подземных объектов.

По типу поверхности материал может быть гладким или текстурированным. Гладкая геомембрана характеризуется универсальностью, текстурированная, в свою очередь, предназначена для использования на более крутых откосах, так как обладает улучшенным сцеплением с грунтом.

ГК «ТехПолимер» производит три вида геомембран, созданных с учётом особенностей условий использования каждого из них. Исходя из типа поверхности, на которую планируется производить укладку геомембраны, следует выбирать вид материала, который будет максимально эффективно реализовывать поставленные цели.

Геомембрана ТИП 1 – представляет собой гладкий полимерный лист, обладающий полной непроницаемостью, что позволяет осуществлять с его помощью защиту поверхности от воздействия опасных химических веществ (до I класса опасности), а также гарантировать полную гидроизоляцию.

Геомембрана ТИП 4 – предназначена для использования на откосах повышенной крутизны, так как её структурированная поверхность повышает

связывание материала с основанием, кроме того, может применяться сейсмически активных районах.

Геомембрана ТИП 5 – это композиционный материал гладкой геопленки и дренирующего покрытия из нетканого геотекстиля, которое защищает геомембрану от повреждения при использовании на плохо подготовленном основании.

Полимерная геомембрана характеризуется нулевым коэффициентом поглощения и стопроцентной водонепроницаемостью, таким образом, её применение способно обеспечить стопроцентную гидроизоляцию.

Являясь полностью синтетическим материалом, геомембрана не поддается гниению, коррозии и сохраняет целостность и непроницаемость покрытия в течение всего периода эксплуатации. Срок службы мембраны составляет от 25 до 100 лет.

Гидроизоляционная мембрана инертна и устойчива к воздействию агрессивных химических веществ: абразивных материалов, нефтепродуктов, концентрированных щелочей и кислот, масел и веществ I класса опасности. Полимерное полотно стабильно переносит непрерывный контакт с горюче-смазочными материалами, специальные присадки делают ее устойчивой к действию УФ-излучения.

Геомембрана легко переносит даже высокие колебания температуры и глубокую заморозку грунта без усадки и потери прочности. Это гибкий и прочный материал, который может выдерживать значительные нагрузки на растяжение, однако, для предупреждения проколов и повреждений полотна, может использоваться в составе геокомпозитного материала с геотекстилем.

Использование геомембраны полностью экологически безопасно. Это полимерное полотно может использоваться при контакте с питьевой водой и пищевыми продуктами, кроме того геомембрана даже при нагревании не выделяет вредных веществ и не имеет запаха.

Применение гидроизоляционной геомембраны можно условно разделить на три области:

- Охрана окружающей среды
- Герметизация гидротехнических объектов
- Защита конструкций от внешнего воздействия

Геомембрана защищает даже от высокотоксичных веществ и позволяет минимизировать ущерб антропогенного характера, защищая почву, грунтовые воды, воздух от загрязнения опасными веществами.

Наиболее часто геопленка применяется для возведения противofильтрационных экранов и изоляционных прослоек, что гарантирует

стоцентную непроницаемость объектов, представляющих потенциальную опасность для здоровья людей и экологической безопасности.

Таким образом, геомембрана является одним из самых эффективных решений для герметизации накопительных резервуаров и захоронений бытовых и промышленных отходов (как твердых, так и жидких), обеспечивая высокий уровень защиты от прохождения свалочного фильтрата в почву и грунтовые воды.

Создаваемая геомембраной надежная гидроизоляция предотвращает потери воды в водоеме, обеспечивая тем самым снижение забора водных ресурсов, а благодаря безопасности материала можно использовать его для герметизации резервуаров с питьевой водой, рыбохозяйственных водоемов любых необходимых объёма и формы.

Геомембрана плодотворно применяется как для ограничения перемещения жидких и газообразных веществ на объекте, так и для предупреждения их попадания на объект извне, удлинняя срок службы сооружений и улучшая их качества.

Материал используется для гидроизоляции фундаментов, цокольных этажей и других подземных сооружений, защищая конструкции от разрушительного воздействия влаги.

Преимущества:

- Производство геомембраны шириной 5000 мм
- Производится из сырья высшего качества
- Высокая прочность при растяжении
- Стопроцентная водонепроницаемость
- Относительное удлинение при разрыве не менее 800%
- Высокая морозоустойчивость (до  $-70^{\circ}\text{C}$ )
- Высокая химическая стойкость (рН 0,5–14)
- Высокие антикоррозийные свойства
- Высокая стойкость к динамическим и сейсмическим нагрузкам
- Материал экологически безопасен, абсолютно нетоксичен
- Быстрые сроки производства и поставки
- Гарантийный срок эксплуатации – не менее 50 лет
- Полевой контроль качества

Области применения:

- Полигоны твердых бытовых (ТБО) и промышленных отходов (ПО)
- Нефте- и газопроводы
- Кустовые площадки добычи нефти
- Гидрометаллургические площадки кучного выщелачивания
- Резервуарные парки и ловушки
- Захоронения токсичных и радиоактивных отходов

- Шламо– и хвостохранилища
- Накопительные и аварийные резервуары
- Навозохранилища, силосные ямы, биогазовые редакторы
- Дамбы, плотины, противофильтрационные завесы
- Гидротехнические объекты
- Искусственные водоемы, ландшафтное строительство
- Подземные сооружения

Геомембрана плодотворно применяется как для ограничения перемещения жидких и газообразных веществ на объекте, так и для предупреждения их попадания на объект извне, удлинняя срок службы сооружений и улучшая их качества.

В соответствии с п.10.2.3 «Норм технологического проектирования тепловых электростанций» (ВНТП–81) емкость одного яруса должна быть не менее чем на 5 лет работы станции.

При среднегодовом выходе золошлаков 270 тыс. м<sup>3</sup> годовая емкость золошлакоотвала,  $W_{\text{год}}$ , тыс.м<sup>3</sup>, необходимая для складирования золошлаков определяется по формуле 1:

$$W_{\text{год}} = \frac{270}{\eta_z \cdot \rho}, \quad (1)$$

где  $\eta_z$  – коэффициент заполнения,  $\eta_z=0,9$ ;

$\rho$  – средняя плотность сухого золошлакового материала намываемого в секции,  $\rho=1,0$  т/м<sup>3</sup>.

$$W_{\text{год}} = \frac{270}{0,9 \cdot 1} = 300 \text{ тыс.м}^3,$$

Для расчетов принято складирование в течение 7 лет на один ярус наращивания. На основании этого емкость золоотвала на один ярус должна составлять:

$$300 \text{ тыс. м}^3 \cdot 7 = 2100 \text{ тыс. м}^3$$

Оптимальные параметры золоотвала определены исходя из стоимости работ по гидроизоляции золошлакоотвала и стоимости земляных работ по устройству дамб обвалования и устройству защитного слоя гидроизоляции первого яруса – при сокращении площади уменьшаются затраты по устройству экрана, но увеличиваются затраты на земляные работы.

После завершения строительства дамбы первого яруса осуществляется монтаж левого и правого разводящих золошлакопроводов. [7]

Предусмотрено устройство пяти пульповыпусков на левом и пяти на правом золошлакопроводах. С учетом равномерного намыва золошлаков вдоль дамбы расстояние между выпусками принято 200 м друг от друга. Для предотвращения размыва ограждающей дамбы пульповыпуск вынесен внутрь чаши золоотвала.

После наращивания дамб на второй и третий ярус производится перекладка разводящих золошлакопроводов.

Намыв золошлаков в золошлакоотвал производится от дамбы к водосбросным сооружениям для создания золошлакового пляжа у дамбы с последующей отсыпкой на пляже дамбы следующего яруса золошлакоотвала.

Включение системы ГЗУ на оборотную схему водоснабжения возможно после запуска плавучей насосной станции в работу.

Последовательность заполнения секций: первая секция первого яруса – вторая секция первого яруса – первая секция второго яруса – вторая секция второго яруса – переключение на первую секции второго яруса, вторая секция третьего яруса, первая секция третьего яруса.

До завершения заполнения второй секции должно быть произведено наращивание второго яруса первой секции для обеспечения непрерывной работы системы ГЗУ.

Для перепуска осветленной воды из чаши золошлакоотвала в пруд осветленной воды устраиваются четыре водосбросных сооружения, по два в каждой секции. Пропускная способность водосбросного сооружения принята равной не менее проектного расхода золошлаковой пульпы системы гидрозолоудаления ( $630 \text{ м}^3/\text{час}$ ), что соответствует максимальной производительности багерной насосной станции.

На основании РД 34.27.511–98 “Методические указания по предотвращению образования отложений в трубопроводах и насосах систем гидрозолоудаления” [8] и по опытным данным, время выдержки осветленной воды в пруде назначается при опасности образования в коммуникациях осветленной воды отложений гидрата окиси кальция в течение 250–300 часов, а при образовании отложений карбоната кальция – 100–150 часов. Время выдержки в пруде принято равным 250 часов, что позволит осветлить воду до требуемых параметров и использовать ее в оборотной системе, а так же снизить солесодержание, за счет выпадения в осадок минеральных солей.

Расход системы ГЗУ равен  $630 \text{ м}^3/\text{ч}$ , исходя из этого, объем пруда составит:  
 $630 \cdot 250 = 157500 \text{ м}^3$ .

Насосная станция осветленной воды принята плавучей, в связи с этим, отметка воды в пруде назначена исходя из глубины воды, достаточной для размещения и нормальной эксплуатации плавучей насосной станции. Так же учтена возможность принятия дополнительного объема воды, равного суточному объему воды для системы ГЗУ ( $630 \cdot 24 = 15120 \text{ м}^3$ ). При этом общий требуемый объем пруда осветленной воды составляет  $172,62 \text{ тыс. м}^3$ .

Глубина воды в пруде назначена из условий работы насосной станции

Площадь пруда для размещения объема 172,62 тыс.м<sup>3</sup> и глубине воды 4 м составляет:

$$\frac{172,62}{4,0} = 43,16 \text{ тыс. м}^2$$

Плавающая насосная станция осветленной воды и водоводы необходимы для возврата осветленной воды из золошлакоотвала на станцию.



Рисунок 3.2 – Плавающая насосная станция

Плавающая насосная станция размещается на понтоне в акватории в северной части пруда осветленной воды. Для сообщения с насосной станцией устраивается площадка обслуживания.

В насосной станции размещается основное оборудование три насосных агрегата: один рабочий, один резервный, один ремонтный. [5]

Подбор насосного оборудования произведен на основе гидравлических расчетов. Проектный расход воды для насосного оборудования равен максимальному расходу в системе ГЗУ 630 м<sup>3</sup>/ч. [3]

Исходя из требуемой подачи насоса  $Q_n=630$  м<sup>3</sup>/ч и максимального требуемого напора 54,71 м подобран насос 1Д630-90 с частотой вращения  $n=1450$  об/мин, рабочее колесо 426мм.

Каждый насос имеет отдельный всас. Напорные линии объединены в коллектор, из которого выходят две нитки водоводов осветленной воды.

Таким образом, в результате реализации предложенных технологических решений система ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ становится оборотной.

Отработанная зола и шлаки из котлов ТЭЦ подается в каналы золоудаления и под воздействием потока воды системы сопел смывных насосов 1Д–630/90 (потребляемая мощность 250кВт, подача воды 350 – 630 м<sup>3</sup>/час) превращаются в пульпу. Золошлаковая пульпа попадает в приямок установки багерных насосов (реконструированного приямка аппаратов Москалькова с установкой багерных насосов), в котором под воздействием рабочих колес погружных багерных насосов НР 5570/765–471 (потребляемая мощность 215кВт, объем перекачиваемой золошлаковой пульпы до 700 м<sup>3</sup>/час) создается избыточное давление 70 м.в.ст для движения пульпы, которая подается в золошлакопроводы (эстакада золошлакопроводов протяженностью 5,5 км, состоящая из 2–х ниток–426х8 мм). Далее пульпа под давлением, подается на реконструированное поле золоотвала №2.1.

Золоотвал состоит из двух секций (каждая приблизительно по 40 га) и пруда осветленной воды (4,5 га), примыкающего к секциям золоотвала. Все ограждающие и разделительная дамбы (секций и ярусов) устраиваются из местных золошлаков с прикрытием гребня и откосов дамб сверху местным грунтом слоем 0,2 м. Секции 1 яруса и пруд имеют общее экранирование дна и откосов ограждающих дамб. Экранирование выполняется с помощью геомембраны «Техполимер» тип 4/5 текстурированной толщиной 1,0 мм с защитным слоем из нетканого геотекстиля плотностью 1200 г/м<sup>2</sup>. Сверху экрана устраивается защитный слой из местных золошлаков толщиной 0,5 м – на дне и 1,0 м на откосах.

Каждая секция имеет по два водосбросных сооружения с шандорными колодцами. Далее пульпа отстаивается на рабочей секции золоотвала разделяясь на золошлак и осветленную воду, золошлак остается на намывных пляжах, вода с разбавленными в ней растворимыми химическими соединениями отстаивается и собирается в прудке осветленной воды.

В прудке осветленной воды устанавливается плавучая насосная станция с тремя насосами типа 1Д630–90 (номинальной производительностью 630 м<sup>3</sup>/час). От плавучей насосной станции до главного корпуса ТЭЦ предусмотрена прокладка двух напорных водоводов из стальных труб 426х8мм на новых лежневых опорах рядом с существующими золошлакопроводами. Под



воздействием рабочих колес насосов насосной осветленной воды осветленная вода возвращается в цикл ТЭЦ в накопительный колодец на всас смывных насосов для дальнейшего использования для смыва золошлаковых отходов. Для предотвращения возможного пыления с незадействованной площади существующего золоотвала №2 предусматривается трубопровод орошения пляжей осветленной водой.

Водный баланс реконструированной системы гидрозолоудаления АТЭЦ рассчитан с дефицитом воды, постоянной подпиткой технической воды, из оз. Улагач 70м<sup>3</sup>/час, или 169 130 м<sup>3</sup>/год.

Подпитка предусмотрена как компенсирующая естественные безвозвратные потери воды в системе и несет функции разбавления осветленной воды до необходимых параметров концентрации растворенных элементов для предотвращения солевых отложений на оборудовании системы ГЗУ АТЭЦ.

Для контроля концентрации предусматриваются меры организационного характера, ежесуточный мониторинг содержания растворенных веществ в осветленной воде с установкой предельно–допустимых концентраций, при увеличении которых предусматривается увеличение циклов возврата осветленной воды на золоотвал (распыление осветленной воды от насосной осветленной воды на неработающую секцию золоотвала).

Технологическими решениями предотвращается сброс загрязненных вод из золоотвала в р. Мишеляк или другие водные объекты, в нижние горизонты грунтовых вод, предотвращается пыление с открытой поверхности пылевых отходов золошлаков.

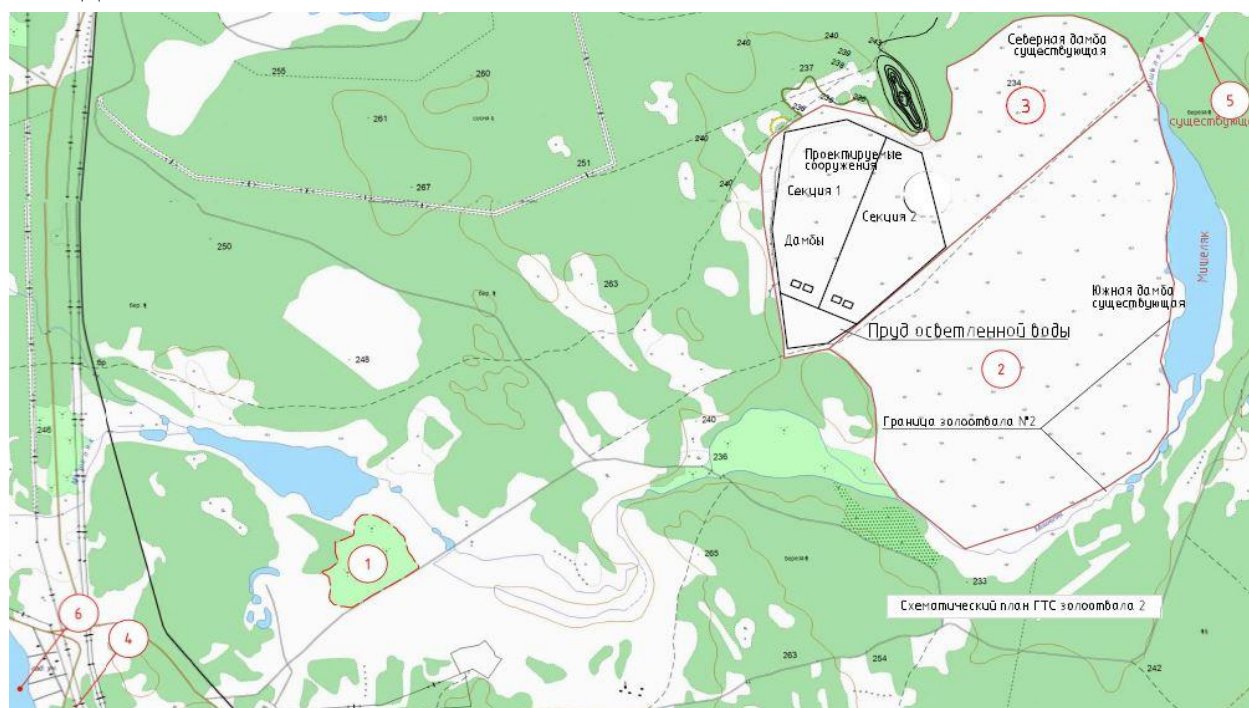


Рисунок 3.3 – схематический план внешней части системы ГЗУ



- 1 – золошлакоотвал №1
- 2 – золошлакоотвал №2 (секция 2)
- 3 – золошлакоотвал №2 (секция 1)
- 4 – поселок Новогорный
- 5 – плотина №12
- 6 – озеро Улагач

### 3.2 Расчет вероятности аварии гидротехнических сооружений (дамбы золоотвала)

Анализ данных об авариях на ЗШО, имевших место за последнее время показывает, что данные ГТС характеризуются высокой аварийностью как в России (по данным обследований, проведенных фирмой «ОРГРЭС» в 1970–1980 гг. до 70 % гидрозолоотвалов находились в аварийном состоянии), так и в других странах.

За последние 25 лет произошли аварии или имели место аварийные ситуации на объектах ГТС ЗШО: Абаканской, Интинской, Усть–Илимской, Вологодской, Алексинской, Благовещенской и Кызыльской ТЭЦ; Северодвинской, Хабаровской, Красноярской и Орской ТЭЦ–1; Ленинградской и Владивостокской ТЭЦ–2, Воркутинских ТЭЦ–1 и ТЭЦ–2; Иркутских ТЭЦ–1 и ТЭЦ–10, Ярославских ТЭЦ–1 и ТЭЦ–2, Кировских ТЭЦ–3 и ТЭЦ–4; Сахалинской, Нерюнгринской, Щекинской, Партизанской, Рязанской, Беловской, Южно–Кузбасской и Чульманской ГРЭС; Зуевской ГРЭС–2, приведшим к крупным материальным потерям и загрязнению окружающей среды. При этом 70–80 % ущерба в результате аварий на ЗШО приходится на экологическую составляющую.

Данные об авариях, имевших место на аналогичных объектах, эксплуатирующихся в условиях Урала, Сибири и Дальнего Востока, в аналогичных по природно–климатическим условиям зонах, а также конструктивным решениям и условиям эксплуатации приводятся в таблице 5.

Таблица 5 – Данные об авариях, имевших место на аналогичных ТЭС

Дата аварии, наименование ГТС (дата завершения строительства)	Основные параметры ГТС (тип, высота, протяженность напорного фронта, объем ЗШО)	Краткое описание развития аварии, оценка нанесенного материального и социального ущерба	Принятые меры по устранению последствий и предотвращению аварий
17.08.1978 г. Ограждающие дамбы ЗШО Владивостокской ТЭЦ-2 (1970 г.)	ЗШО овражного типа. Высота ограждающей дамбы секции 1 – 46,25 м. Объем ЗШМ – 11,0 млн.м <sup>3</sup> , в том числе секции 1 – 7 млн. м <sup>3</sup>	Прорыв ограждающей дамбы секции ЗШО в результате переполнения ЗШО, вынос ЗШМ на откосы дамбы и в пруд осветленной воды	Перевод ГЗУ на резервную секцию 2. Ремонт и восстановление целостности дамбы с устройством дренажа и шпунтовой стенки, ремонт откосов дамбы.
12.02.1995 г. Ограждающие дамбы ЗШО Владивостокской ТЭЦ-2 (1970 г.)	Нет данных	Нет данных	Перевод ГЗУ на резервную секцию № 2. Ремонт и восстановление целостности дамбы, ремонт откосов дамбы.
1978 г. Ограждающие дамбы ЗШО Томской ГРЭС-2. (1964 г.)	ЗШО овражного типа, высота дамб до 15 м. Объем ЗШМ до 5 млн. м <sup>3</sup>	Прорыв дамбы в результате перелива через гребень дамбы. Затопление частных огородов. Стоимость восстановительных работ около 350 тыс. руб.	Восстановление дамб с устройством дренажной призмы и экрана с понуром из пленки.

Продолжение таблицы 5

Дата аварии, наименование ГТС (дата завершения строительства)	Основные параметры ГТС (тип, высота, протяженность напорного фронта, объем ЗШО)	Краткое описание развития аварии, оценка нанесенного материального и социального ущерба	Принятые меры по устранению последствий и предотвращению аварий
23.11.2000 г. Ограждающие дамбы ЗШО № 2 Южно–Кузбасской ГРЭС (1972 г.)	ЗШО пойменного типа. Высота дамбы в месте прорыва 12 м	Прорыв дамбы 2 яруса в результате потери статической устойчивости. Затопление прилегающей территории, жилых домов и огородов. Ущерб составил 1,83 млн. руб.	Перевод работы ГЗУ на ЗШО № 1. Засыпка прорана. Восстановление дамбы второго яруса.
18.05.2004 г. Ограждающая дамба секции № 1 ЗШО Партизанской ГРЭС	Дамба высотой 15,5 м	Разрушение ограждающей дамбы секции 1 ЗШО с выносом 86 тыс. м <sup>3</sup> ЗШМ. Дамба разрушена полностью с образованием прорана по низу 30 м, по верху – около 80 м. Ущерб составил 6,1 млн. руб.	Ремонт разрушенного участка дамбы; перевод секции 1 на режим сухого складирования ЗШМ; обследование ЗШО с определением свободных емкостей в секциях; установка пьезометрических скважин по периметру ЗШО.
04.01.2006 г. Ограждающие дамбы ЗШО № 2 Южно–Кузбасской ГРЭС (1972 г.) Заключение экспертной комиссии об обстоятельствах и причинах технологического нарушения от 12.01.2006 г.	ЗШО пойменного типа. Высота дамбы в месте прорыва 15 м	Прорыв дамбы 3 яруса секции 2 в результате потери фильтрационной прочности основания яруса. Затопление прилегающей территории, жилых домов и огородов. Ущерб составил 2,126 млн. руб.	Перевод работы ГЗУ на секцию 1. Засыпка прорана. Восстановление дамбы 2 и 3 ярусов.

Выявление возможных причин возникновения и развития аварийных ситуаций на ГТС системы внешнего ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ проведено с учетом конструктивных особенностей и состояния сооружений, природно–

климатических, геологических условий эксплуатации, расположения сооружений, уровня технического контроля, квалификации эксплуатационного персонала.

Возможные аварии и чрезвычайные ситуации могут быть связаны:

- с переливом воды через гребень ограждающей дамбы секции золошлакоотвала №2, с образованием прорана;
- с потерей устойчивости или размывом ограждающей дамбы секции золошлакоотвала №2, с образованием прорана;

Потеря устойчивости или размыв напорного фронта может наступить в результате изменения геометрических параметров дамбы/плотины (осадка гребня, суффозия, изменение заложения откосов, просадка и пучение грунта, оползни, обрушения), отказа дренажной системы, нарушения правил безопасности эксплуатации сооружений, низкой квалификации эксплуатационного персонала, отсутствия или несвоевременного выполнения ремонтных работ.

Перелив через гребень может произойти в результате нарушения правил безопасности эксплуатации сооружений, отсутствия систематического визуального наблюдения за состоянием сооружений, нарушения работы водосбросных сооружений, неисправного состояния водомерного поста.

Наибольшую потенциальную опасность на рассматриваемых ГТС представляет авария, связанная с полным или частичным разрушением водоподпорного сооружения (дамб секций 1 или 2), на которых производится складирование золошлаков, влекущим за собой распространение волны прорыва по прилегающей территории.

На основе анализа конструктивно–компоновочных решений ЗШО № 2 и системы внешнего ГЗУ в целом определены группы факторов, которые могут повлиять на безопасность ЗШО, определены 2 сценария развития аварий.

Среди возможных видов аварий необходимо рассматривать следующие основные сценарии возможных аварий:

Сценарий 1 – Разрушение ограждающих дамб золошлакоотвала в результате перелива воды через гребень дамб из–за нарушения работы водоотводящих сооружений, излив воды и опорожнение отстойного прудка.

Сценарий 2 – Разрушение ограждающих дамб золошлакоотвала в результате потери фильтрационной прочности или статической устойчивости, излив воды и опорожнение отстойного прудка.

В качестве расчетных мест образования прорана выбраны:

Для секции 1 (площадью 38 га) ограждающая дамба на участке ПК12 – ПК17, ограждающая дамба имеет наибольшую высоту, отметка основания составляет 236,5 м. Распространение потока будет направлено на прилегающую территорию.

В случае образования прорана в пределах разделительной дамбы, поток будет направлен либо в секцию №2, либо в емкость отстойного пруда, далее в

неработающую секцию №2 площадью 241га, где и будет локализован. Распространение потока не выйдет за пределы территории золоотвала №2.

Для секции 2 (площадью 37 га) ограждающая дамба которой располагается во внутренней части секции 1 площадью 189 га. В случае, образования прорана в пределах ограждающей дамбы, поток будет направлен либо в неработающие секции №1 или №2, либо в емкость отстойного пруда, далее в неработающую секцию №2 площадью 241 га, где и будет локализован. Распространение потока не выйдет за пределы территории золоотвала №2.

Образование прорана в пределах разделительной дамбы, в сторону секции №1 практически маловероятно по причине заполненности этой секции золошлаками. Прорыв напорного фронта в секции №2 не приведет к возникновению чрезвычайной ситуации и не выйдет за пределы территории золоотвала №2.

Опасность аварии, степень уязвимости и оценка риска аварии гидротехнических сооружений определяется расчетами значения степени риска в соответствии с вышеперечисленными возможными сценариями аварий и повреждений для каждого гидротехнического сооружения отдельно. Расчеты выполнены в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности». [12]

#### **Определение интегральной оценки опасности ГТС**

Опасность аварии на ГТС определяется следующими показателями:

- превышение принятых при обосновании конструкции сооружения природных нагрузок и воздействий;
- обоснованность и соответствие проектных решений современным нормативным требованиям;
- соответствие проекту конструкции сооружения, технологии его возведения, условий его эксплуатации и свойств материалов сооружения и основания;
- возможные последствия и ущерб при аварии ГТС.

Степень опасности по каждому из показателей устанавливается отдельно на основании экспертных оценок.

Определяется интегральный код показателей опасности и значение коэффициента опасности  $\lambda$ .

#### **Определение интегральной оценки уязвимости ГТС**

Уровень уязвимости ГТС определяется его восприимчивостью, а также восприимчивостью окружающей среды (в зоне влияния сооружения) к воздействию факторов опасности.

Основные показатели уязвимости ГТС:

- состояние сооружения (по данным мониторинга);
- состояние окружающей среды в зоне влияния ГТС;

– организация эксплуатации ГТС (соблюдение требований безопасной эксплуатации);

– готовность объекта к локализации и ликвидации ЧС.

Определяется интегральный код показателей уязвимости и значение коэффициента уязвимости  $v$ .

### **Определение интегральной оценки уровня безопасности и риска аварии ГТС**

Оценка риска аварии производится на основании экспертного анализа уровня опасности аварии и уровня уязвимости. Для оценки уровня риска вначале рассчитывается коэффициент риска  $D_a$  (в дальнейшем – доза вредного воздействия) на основе принципа пересечения этих событий, т.е.:

$$D_a = \lambda \times v$$

Где:

$\lambda$  – коэффициента опасности для ГТС;

$v$  – коэффициента уязвимости ГТС.

Физический смысл коэффициента  $D_a$  состоит в том, что он представляет собой меру (дозу) опасного воздействия на данное ГТС с установленной степенью уязвимости. Уровень безопасности ГТС оценивается по величине этого коэффициента (дозы вредного воздействия).

Таблица 6 – Классификация уровня безопасности ГТС по значению дозы вредного воздействия

Уровень безопасности ГТС	Доза вредного воздействия
Нормальный уровень безопасности	Не более 0,15
Пониженный уровень безопасности	Свыше 0,15, но не более 0,3
Неудовлетворительный уровень безопасности	Свыше 0,3, но не более 0,5
Критический уровень безопасности	Свыше 0,5

При этом следует иметь ввиду, что если хотя бы один показатель опасности или уязвимости принимает максимальное значение, равной 3, то уровень безопасности принимается – неудовлетворительным.

Расчеты дозы вредного воздействия позволяют не только определять уровень безопасности ГТС, но оценивать вероятность возникновения аварии  $P_a$  (ГТС)

$$P_a = 0.5 \operatorname{erfc} \left[ \beta \frac{\ln \frac{D_a}{D_{kp}}}{\ln \frac{D_{доп}}{D_k}} \right],$$

где  $D_k$  – критическое (опасное) значение дозы вредного воздействия;

$D_{don}$  – допустимое значение дозы вредного воздействия, выше которого не обеспечивается нормальный риска аварии ( $D_{don} = 0,15$ );

$\beta$  – коэффициент вероятности, зависящий от класса ГТС ( $\beta = 2,75$  для сооружений I класса).

Величина  $P_a$  (ГТС) [1 год], как вероятность аварии или частота ЧС рассчитывается по формуле

$$P_a (\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc}(-0,83 \beta \ln 2 D a)$$

Таблица 7 – Классификация уровня риска по значению вероятности аварии ГТС

Класс сооружений	Приемлемый (допустимый) уровень	Условно приемлемый уровень риска	Повышенный уровень риска	Не допустимый уровень риска
I	менее $5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4} - 10^{-2}$	более 0,01

1. Расчет вероятности аварии ГТС по сценарию 1 – Разрушение ограждающей дамбы золошлакоотвала в результате переполнения золошлакоотвала и перелива воды через гребень дамб.

Таблица 8 – Интегральная оценка опасности ГТС

Показатель опасности	Уровень опасности	Балл	Отличительные признаки, по которым экспертом установлен уровень опасности по рассматриваемому показателю опасности
1	Опасность отсутствует	0,5	Показатели возможных нагрузок и воздействий на ГТС незначительно отличаются от расчетных значений, принятых при проектировании.
2	Опасность отсутствует	0,5	Полное соответствие современным требованиям по всем оцениваемым факторам.
3	Малая опасность	1,0	Незначительные отклонения от проекта, которые не могут привести к нарушению нормальной работы ГТС.
4	Малая опасность	1,0	Незначительные отклонения от проекта, которые не могут привести к нарушению нормальной работы ГТС.

$$\lambda = (0,3 \times a_1 + 0,2 \times a_2 + 0,3 \times a_3 + 0,2 \times a_4) \times 0,333 =$$

$$\lambda = (0,3 \times 0,5 + 0,2 \times 0,5 + 0,3 \times 1 + 0,2 \times 1,0) \times 0,333 =$$

$$\lambda = (0,15 + 0,1 + 0,3 + 0,2) \times 0,333 = 0,75 \times 0,3333 = 0,2475$$

$$\lambda = 0,2475$$

Таблица 9 – Интегральная оценка уязвимости ГТС

Показатель уязвимости	Уровень уязвимости	Балл	Отличительные признаки, по которым экспертом установлен уровень уязвимости по рассматриваемому показателю уязвимости
1	Малая уязвимость	0,5	Отсутствие каких-либо нарушений
2	Малая уязвимость	0,5	Наличие локальных нарушений состояния окружающей среды в зоне влияния ГТС, при отсутствии превышения ПДЗ контролируемых параметров состояния.
3	Малая уязвимость	1	Незначительные отступления от требований безопасной эксплуатации, не накладывающие ограничений на эксплуатацию ГТС.
4	Малая уязвимость	1	Незначительные отступления от предъявляемых требований, для которых не требуется разработка специальных мероприятий.

$$v = (0,35 \times b_1 + 0,15 \times b_2 + 0,3 \times b_3 + 0,2 \times b_4) \times 0,333$$

$$v = (0,35 \times 0,5 + 0,15 \times 0,5 + 0,3 \times 1 + 0,2 \times 1) \times 0,333$$

$$v = 0,24975$$

### Определение интегральной оценки уровня безопасности и риска аварии ГТС

Расчет коэффициента риска:

$$D_a = \lambda \times v$$

Где:

$\lambda = 0,2475$  – коэффициент опасности для ГТС;

$v = 0,24975$  – коэффициент уязвимости ГТС.

$$D_a = \lambda \times v = 0,2475 \times 0,24975 = 0,0618$$

$$D_a = 0,062$$

Таким образом доза вредного воздействия составляет  $D_a = 0,062$ , а уровень безопасности ГТС, оценивается как «*нормальный*».

### Расчет вероятности аварии при полученной дозе вредного воздействия

$$P_a(\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc}(-0,83 \beta \ln 2 D_a)$$

$$P_a(\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc}(-0,83 \times 2,0 \times \ln 2 \times 0,062)$$

$$P_a(\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc}(3,465)$$

$$P_a(\text{ГТС}) = 0,5 \times 9,571 \times 10^{-7}$$

$$P_a(\text{ГТС}) = 4,78 \times 10^{-7}$$



Вероятность возникновения аварийной ситуации по сценарию 1 относится к зоне «Приемлемого (допустимого) уровня» (менее  $2,5 \times 10^{-3}$ ).

2. Расчет вероятности аварии ГТС по сценарию 2 – Разрушение ограждающей дамбы золошлакоотвала в результате потери фильтрационной прочности или статической устойчивости.

Таблица 10 – Интегральная оценка опасности ГТС

Показатель опасности	Уровень опасности	Балл	Отличительные признаки, по которым экспертом установлен уровень опасности по рассматриваемому показателю опасности
1	Опасность отсутствует	0,5	Показатели возможных нагрузок и воздействий на ГТС незначительно отличаются от расчетных значений, принятых при проектировании.
2	Опасность отсутствует	1,0	Полное соответствие современным требованиям по всем оцениваемым факторам.
3	Малая опасность	1,0	Незначительные отклонения от проекта, которые не могут привести к нарушению нормальной работы ГТС.
4	Малая опасность	1,0	Незначительные отклонения от проекта, которые не могут привести к нарушению нормальной работы ГТС.

$$\lambda = (0,3 \times a_1 + 0,2 \times a_2 + 0,3 \times a_3 + 0,2 \times a_4) \times 0,333$$

$$\lambda = (0,3 \times 0,5 + 0,2 \times 1 + 0,3 \times 1 + 0,2 \times 1,0) \times 0,333$$

$$= (0,15 + 0,2 + 0,3 + 0,2) \times 0,333 = 0,85 \times 0,3333 = 0,283$$

$$\lambda = 0,283$$

Таблица 11 – Интегральная оценка уязвимости ГТС

Показатель уязвимости	Уровень уязвимости	Балл	Отличительные признаки, по которым экспертом установлен уровень уязвимости по рассматриваемому показателю уязвимости
1	Малая уязвимость	0,5	Отсутствие каких-либо нарушений
2	Малая уязвимость	0,5	Наличие локальных нарушений состояния окружающей среды в зоне влияния ГТС, при отсутствии превышения ПДЗ контролируемых параметров состояния.
3	Малая уязвимость	1	Незначительные отступления от требований безопасной эксплуатации, не накладывающие ограничений на эксплуатацию ГТС.
4	Малая уязвимость	1	Незначительные отступления от предъявляемых требований, для которых не требуется разработка специальных мероприятий.

$$v = (0,35 \times b_1 + 0,15 \times b_2 + 0,3 \times b_3 + 0,2 \times b_4) \times 0,333$$

$$v = (0,35 \times 0,5 + 0,15 \times 0,5 + 0,3 \times 1 + 0,2 \times 1) \times 0,333$$

$$v = 0,24975$$

Определение интегральной оценки уровня безопасности и риска аварии ГТС

Расчет коэффициента риска:

$$D_a = \lambda \times v$$

Где:

$\lambda = 0,283$  – коэффициент опасности для ГТС;

$v = 0,24975$  – коэффициент уязвимости ГТС.

$$D_a = \lambda \times v = 0,2475 \times 0,24975 = 0,07$$

$$D_a = 0,07$$

Таким образом доза вредного воздействия составляет  $D_a = 0,07$ , а уровень безопасности ГТС, оценивается как «**нормальный**».

#### **Расчет вероятности аварии при полученной дозе вредного воздействия**

$$P_a (\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc}(-0,83 \beta \ln 2 D_a)$$

$$P_a (\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc}(-0,83 \times 2,0 \times \ln 2 \times 0,07)$$

$$P_a (\text{ГТС}) = 0,5 \operatorname{erfc}(3,264)$$

$$P_a (\text{ГТС}) = 0,5 \times 3,9 \times 10^{-6}$$

$$P_a (\text{ГТС}) = 1,95 \times 10^{-6}$$

Вероятность возникновения аварийной ситуации по сценарию 2 относится к зоне «*Приемлемого (допустимого) уровня*» (менее  $2,5 \times 10^{-3}$ ).

В качестве итоговых величин среднегодовых вероятностей реализации аварий на декларируемых ГТС приняты:

1. Для аварии по сценарию 1 величина  $P_a = 4,78 \times 10^{-7}$  1/год, это относится к зоне «*Приемлемого (допустимого) уровня*» (менее  $2,5 \times 10^{-3}$ ) на ГТС III класса.

2. Для аварии по сценарию 2 величина  $P_a = 1,95 \times 10^{-6}$  1/год, это относится к зоне «*Приемлемого (допустимого) уровня*» (менее  $2,5 \times 10^{-3}$ ) на ГТС III класса.

Таблица 12 – Классификация уровня риска по значению вероятности аварии ГТС

Класс сооружений	Приемлемый (допустимый) уровень	Условно приемлемый уровень риска	Повышенный уровень риска	Не допустимый уровень риска
I	менее $2,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-2} \times 8 \times 10^{-2}$	более 0,08

### 3.3 Расчет предотвращенного экологического ущерба

Расчет ведется по "Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба" (утв. Госкомэкологией РФ 09.03.1999). [11]

Экологическое качество окружающей природной среды - способность обеспечивать функционирование экологических систем, комфортность жизнедеятельности человека и сохранность физико-географической основы территориальных природоресурсных комплексов.

Под загрязнением окружающей среды в Методике понимаются антропогенно обусловленные поступления вещества и энергии в окружающую среду, приводящие к ухудшению ее состояния с точки зрения социально-экономических интересов общества.

Экологический ущерб окружающей природной среде означает фактические экологические, экономические или социальные потери, возникшие в результате нарушения природоохранного законодательства, хозяйственной деятельности человека, стихийных экологических бедствий, катастроф. Ущерб проявляется в виде потерь природных, трудовых, материальных, финансовых ресурсов в народном хозяйстве, а также ухудшения социально-гигиенических условий проживания для населения.

Ущерб от загрязнения окружающей среды - фактические и возможные убытки народного хозяйства, связанные с загрязнением окружающей природной среды (включая прямые и косвенные воздействия, а также дополнительные затраты на ликвидацию отрицательных последствий загрязнения). Учитываются также потери, связанные с ухудшением здоровья населения, сокращением трудового периода деятельности и жизни людей.

Под ущербом от загрязнения водной среды и водного фонда территорий понимаются материальные и финансовые потери и убытки (прямые и косвенные), в результате снижения биопродуктивности водных экосистем, ухудшения потребительских свойств воды как природного ресурса, дополнительных затрат на ликвидацию последствий загрязнения вод и восстановление их качества, а также выраженный в стоимостной форме вред здоровью населения.

Предотвращенный экологический ущерб от загрязнения окружающей природной среды представляет собой оценку в денежной форме возможных отрицательных последствий от загрязнения природной среды, которые удалось избежать в результате природоохранной деятельности территориальных органов системы Госкомэкологии России, осуществления природоохранных мероприятий и программ, направленных на сохранение или улучшение качественных и количественных параметров, определяющих экологическое качество (состояние)

окружающей природной среды в целом и ее отдельных эколого-ресурсных компонентов.

Предотвращенный экологический ущерб от загрязнения вод представляет собой оценку в денежной форме возможных (расчетных) отрицательных последствий водным ресурсам, которые в рассматриваемый период времени удалось избежать (предотвратить) в результате проведения комплекса организационно-экономических, контрольно-аналитических и технико-технологических мероприятий по охране водной среды и водного фонда территорий.

Приведенная масса загрязняющих веществ (М) представляет собой условную величину, позволяющую в сопоставимом виде отразить вредность или эколого-экономическую опасность всей суммы разнообразных загрязнений, поступающих в атмосферный воздух или водную среду от одного или различных источников сброса (выброса) загрязняющих веществ (промышленные и коммунально - бытовые предприятия, поверхностный сток с селитебных территорий, промплощадок., сельскохозяйственных угодий и др., включая залповые и аварийные сбросы (выбросы) загрязнений).

Оценка величины предотвращенного ущерба от загрязнения водной среды проводится на основе региональных показателей удельного ущерба, представляющих собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 условную тонну) приведенной массы загрязняющих веществ.

1. Расчетные формулы имеют следующий вид:

$$Y_{\text{пр}r}^B = \sum_{j=1}^N Y_{\text{уд}rj}^B \times \Delta M_r^B \times K_3^B \times J_d$$

где

$$\Delta M_r^B = M_1^B - M_2^B$$

$Y_{\text{пр}r}^B$  – эколого-экономическая оценка величины предотвращенного ущерба водным ресурсам в рассматриваемом r-том регионе, (далее – предотвращенный ущерб), тыс. руб./год;

$Y_{\text{уд}rj}^B$  – показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (условная тонна) приведенной массы загрязняющих веществ на конец расчетного периода для j-го водного объекта в рассматриваемом r-том регионе, руб./усл. тонну, (принимается по таблице 13);

Таблица 13 – Расчет показателей удельного экологического ущерба от загрязнения водных ресурсов по водным бассейнам и административно - государственным регионам Российской Федерации, 1997 год (в ценах 1998 г.)

Водные бассейны и административно - государственные регионы РФ	Приведенная масса сброса, $M_{ПР}$ , т. усл. т	Ущерб от загрязн. $У$ , млн.р.	Показат. удельн. ущерба, $У_{уд}$ , руб./усл.т.
Бассейн р. Исети	80,76	695,29	8583,8

$M_1^B, M_2^B$  – приведенная масса сброса загрязняющих веществ в водные объекты рассматриваемого региона, соответственно, на начало и конец расчетного периода, усл.тонн; определяется согласно п. 2.;

$\Delta M_r^B$  – приведенная масса загрязняющих веществ, снимаемых (ликвидируемых) в результате природоохранной деятельности и осуществления соответствующих водоохранных мероприятий в  $r$ -том регионе в течение расчетного периода, усл.тонн/год;

$K_3^B$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек, составляет 1,05-1,20;

$J_d$  – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономикой России на рассматриваемый период и доводимый Госкомэкологии России до территориальных природоохранных органов.

2. Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается по следующей формуле:

– для  $k$ -го конкретного объекта или направления водоохранной деятельности в регионе:

$$M_k^B = \sum_{j=1}^N m_j^B K_{3j}^B$$

– для  $r$ -го региона (района) в целом:

$$M_r^B = \sum_{K=1}^K M_K^B$$

где

$m_i^B$  – масса фактического сброса  $i$ -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности в водные объекты рассматриваемого региона, т/год;

$K_{эi}^B$  – коэффициент относительной эколого-экономической опасности для  $i$ -го загрязняющего вещества или группы веществ (таблица 14);

$i$  - номер загрязняющего вещества или группы веществ (таблица 14);

$N$  - количество учитываемых загрязняющих веществ.

В качестве основы для расчетов приведенной массы загрязнений используются утвержденные значения предельно – допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воде водоемов рыбохозяйственного значения (как наиболее жесткие) С помощью ПДК определяются коэффициенты эколого-экономической опасности загрязняющих веществ (как величина обратная ПДК:  $K_{эi} = 1/ПДК$ ).

Показатель  $m$  определяется на основе данных статистической отчетности предприятий и организаций (форма 2ТП - “Водхоз”), данных гидрохимических лабораторий, аттестованных на право проведения соответствующих анализов, материалов контрольных служб территориальных природоохранных органов и гидрометеорологии, данных проектных материалов и др.

Учитывая огромное количество наименований поступающих в водные источники загрязняющих веществ, при расчете коэффициентов относительной эколого-экономической опасности загрязнения группируются по классам опасности и признаку близких значений  $ПДК_{p-x}$ .

Коэффициенты относительной эколого-экономической опасности для 14 групп загрязняющих веществ приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Коэффициент относительной эколого-экономической опасности загрязняющих веществ

№ группы	Загрязняющие вещества	$K_{эi}$
I	Вещества и химические соединения преимущественно IV и III классов опасности	
1	Сульфаты, хлориды, соли жесткости ( $Ca^+$ , $Mg^+$ , $K^+$ , $Na^+$ ), мочевины и др. хим. соединения с $ПДК_{p-x} \geq 40,0$ г/м <sup>3</sup>	0,05
2	Нитраты, карбомидная смола, лак битумный, кальций фосфорнокислый, метилхлорид, таннины и др. хим. соединения с $ПДК_{p-x}$ от 5,0 до 40,0 г/м <sup>3</sup>	0,20
3	Взвешенные вещества	0,15
4	БПКполн, далапон, метилцеллюлоза, гуминовые кислоты, ОЖК, полиэфир, силикат калия, сульфат бария, углен (взвесь, волокно), фталевая кислота, этилен и др. хим. соединения с $ПДК_{p-x}$ от 2,0 до 4,0 г/м <sup>3</sup>	0,30

Продолжение таблицы 14

№ группы	Загрязняющие вещества	К <sub>эi</sub>
5	Азот общий, алюминий, фосфор общий, железо общее, аммония - ион, ацетонитрил, бензол, диметилацетомид, карбомол, метазин, нитрат аммония (NH <sub>4</sub> *), сероуглерод, сульфонол, сульфат аммония (NH*), толуол, гексан и др. хим. соединения с ПДКрх от 0,5 до 1,9 г/м <sup>3</sup>	1,0
II	Химические соединения III и II классов опасности	
6	Ацетат-ион (натрий уксуснокислый), бутилацетат, диметилформаид, лапрол, неонол, сульфанола НП-1, скипидар, формалин, фосфорнокислый калий, хлорат магния, этиленгликоль и др. хим. соединения с ПДКрх от 0,2 до 0,4 г/м <sup>3</sup>	3,50
7	Гликозин, масло легкое таловое, метанол, нефтеполимерная смола, родонид калия, свинец (Pb <sup>2*</sup> ), СПАВ, стирол, фосфор пятихлористый, хлористый литий, барий и др. хим. Соединения с ПДКрх от 0,06 до 0,15 г/м <sup>3</sup>	11,0
8	Ацетон, ацетофенон, аммиак, бутиловый спирт, нефть и нефтепродукты, масла, жиры и др. хим. Соединения с ПДКрх от 0,02 до 0,05 г/м <sup>3</sup>	20,0
9	Капролактама, кобальт, никель, марганец, мышьяк, цианиды, хром (Cr <sup>3*</sup> ), цинк, формальдегид и др. хим. соединения с ПДКрх от 0,006 до 0,019 г/м <sup>3</sup>	90,0
10	Атразин, ацетонилид, карбозолин, нафталин, пестициды, кадмий (Cd <sup>2*</sup> ) и др. хим. соединения с ПДКрх от 0,003 до 0,005 г/м <sup>3</sup>	250,0
11	Ванадий, гидрохинон, дихлорэтан, кадмий (Cd <sup>5*</sup> ), ксантагенты, медь, фенолы, хром шестивалентный и др. хим. соединения с ПДКрх от 0,001 до 0,002 г/м <sup>3</sup>	550,0
III	Высокотоксичные химические соединения I класса опасности	
12	Дибутилфосфат натрия, литий (гидрооксид), метол, синтанол ДС-10, циклогексан, ялан и др. хим. соединения с ПДКрх от 0,0009 до 0,0005 г/м <sup>3</sup>	2000,0
13	Алифитические амины, гидразин гидрат, димилин, дуал, катофор, поликарбацин, реглан, цинеб и др. хим. соединения с ПДКрхот 0,0004 до 0,0002 г/м <sup>3</sup>	5000,0
14	Анилин, бенз(а)пирен, додефилбензол, ИКВ-6-2 (ингибитор коррозии металлов), ртуть (Hg <sup>2+</sup> ), моноэтиламин, сулема, неонол ТО 20-3, суффикс, тетраэтиловинец и др. хим. соединения с ПДКрх ≤ 0,0001 г/м <sup>3</sup>	1500,0

Необходимо определить величину предотвращенного эколого-экономического ущерба от проведения модернизации системы ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ.

Поскольку система становится оборотной, то сбросы будут нулевыми.

Исходные данные приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Исходные данные к расчету

Наименование загрязняющих веществ	$m_i^B$ , т	$K_{эi}^B$
Железо	1,039	1,0
Алюминий	0,831	1,0
Свинец	0,005	90,0
Медь	0,025	550,0
Цинк	0,073	90,0
Никель	0,005	90,0
Мышьяк	0,109	90,0
Хром	0,009	550,0
Ванадий	0,096	550,0
Фтор	9,039	550,0

Тогда

$$M_{\text{железо}}^B = 1,039 \times 1 = 1,039 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{алюминий}}^B = 0,831 \times 1 = 0,831 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{свинец}}^B = 0,005 \times 90 = 0,45 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{медь}}^B = 0,025 \times 550 = 13,75 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{цинк}}^B = 0,073 \times 90 = 6,57 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{никель}}^B = 0,005 \times 90 = 0,45 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{мышьяк}}^B = 0,109 \times 90 = 9,81 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{хром}}^B = 0,009 \times 550 = 4,95 \text{ усл. тонн/год}$$

$$M_{\text{ванадий}}^B = 0,096 \times 550 = 52,8 \text{ усл. тонн/год}$$



$$M_{\text{фтор}}^{\text{в}} = 9,039 \times 550 = 4971,45 \text{ усл. тонн/год}$$

$J_d$  – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономикой России на рассматриваемый период составляет за период с 1998 по 2017 годы 17,458.

Тогда

$$U_{\text{пр.железо}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 1,039 = 186839 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.алюминий}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 0,831 = 149435 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.свинец}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 0,45 = 80922 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.медь}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 13,75 = 2472606 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.цинк}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 6,57 = 1181456 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.никель}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 0,45 = 80922 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.мышьяк}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 9,81 = 1764092 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.хром}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 4,95 = 890138 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.ванадий}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 52,8 = 9494807 \text{ руб./год}$$

$$U_{\text{пр.фтор}}^{\text{в}} = 8583,8 \times 1,20 \times 17,458 \times 4971,45 = 893995412 \text{ руб./год}$$

Итого общая величина предотвращенного экологического ущерба составляет 910 296 628,46 рублей.

### 3.4 Рекомендуемые мероприятия по рекультивации золоотвала

Для предотвращения негативного воздействия полигонов ЗШМ (золошлакоотвалов) на природу и человека необходима рекультивация отработанных полигонов с целью:

- предотвратить загрязнение воздушного бассейна, почвы отработанным золоотвалом, путем фиксации поверхности (нанесением специальных покрытий, слоя грунта, насаждением трав, кустарниковых и древесных пород);

- исключить загрязнение водных объектов, в том числе грунтовых вод, при вымывании токсикантов из золошлаков путем осушения отобранного отвала;
- обеспечить соответствующей обработкой отвала наиболее эффективное хозяйственное использование территории золоотвала с учетом хозяйственных и иных потребностей.

Золошлаки — это «стерильные» материалы, лишенные органических веществ, имеющие лишь следы азота; количество подвижных форм фосфора и калия в них недостаточно для питания растений, поэтому самозаращение золошлакоотвалов — процесс очень медленный: покрытие его поверхности растениями до прекращения пыления длится от 10 до 15 лет. [15]

Следует подчеркнуть, что чаще всего рекультивация золоотвалов не может вернуть изъятые под них площади в первоначальное состояние. В большинстве случаев экономически и экологически нецелесообразна сельскохозяйственная рекультивация в целях производства товарной продукции растениеводства или выращивания кормов для скота. Для обеспечения экологической чистоты товарной продукции или кормов необходимо уложить на отвал огромный объем грунта и плодородной почвы (слоем толщиной не менее 1 м), так что выращенная продукция становится явно убыточной, а разработка и перемещение плодородной почвы и грунта для укрытия отвала создают новые площади нарушенных земель. Ограничены также возможности использования территории рекультивированного золоотвала для выпаса скота, так как это связано с опасностью нарушения поверхностного слоя и его ветровой эрозии.

Основными направлениями рекультивации нарушенных земель являются:

- биологическая или техническая консервации нарушенных земель, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых для использования в народном хозяйстве экономически невыгодна;
- приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для гражданского и промышленного строительства;
- создание на нарушенных землях сельскохозяйственных угодий.

Санитарно–гигиеническая рекультивация (консервация) — основной вид восстановления отработанного золошлакоотвалов, в результате которого решаются санитарно–гигиенические задачи; рекультивация проводится в один (технический) или в два (технический и биологический) этапа.

Технический этап рекультивации должен включать в себя планирование (выравнивание) поверхности, покрытие ее грунтом (сплошным "слоем или полосами). Наиболее рационален гидравлический способ транспортировки и распределения органического материала по поверхности золошлакоотвала, использующий золошлакопроводы или самотечные лотки, имеющиеся на золошлакоотвале.

Биологический этап рекультивации включает в себя:

- внесение в покрывающую золошлаковую почву или в золу минеральных или органических удобрений;
- посев многолетних злаковых и бобовых либо местных, неприхотливых, наиболее устойчивых видов трав;
- посадку саженцев деревьев и кустарников;
- уход за посевами и саженцами.

При покрытии золошлакоотвала сплошным слоем грунта проведение биологического этапа рекультивации необязательно, поскольку в плодородном грунте всегда находится некоторое количество семян растений, что в дальнейшем приведет к самозарастанию золошлакоотвала.

Одним из видов санитарно–гигиенической рекультивации является посадка деревьев на отработанном золошлакоотвале (на дамбах и примыкающих к ним участках зольного поля).

С целью уменьшить поступление в атмосферу золы с отработанного золошлакоотвала целесообразна посадка пылезащитных лесополос. Помимо уменьшения пыления посадка саженцев, особенно с наветренной стороны, будет способствовать самозарастанию поверхности золошлакоотвала.

Территории отработанных полигонов ЗШМ, расположенных в городской черте либо вблизи населенного пункта, целесообразно передавать органам местного самоуправления или отдельным организациям под воз-ведение зданий и сооружений. Проектирование и возведение строительных объектов выполняются в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил.

Сельскохозяйственную рекультивацию следует проводить только при остром недостатке земель, пригодных для выращивания растениеводческой продукции. Растения, произрастающие на золошлакоотвале, поверхность которого не покрыта или покрыта недостаточно мощным слоем почвы, не предотвращающим проникновения корней растений в золу, могут накапливать в биомассе большое количество микроэлементов, концентрация которых может достигать потенциально опасного уровня для животных, пасущихся на подножном корму, и для человека. Следует учитывать, что при проведении сельскохозяйственной рекультивации потребуется значительный объем плодородного или потенциально плодородного грунта (от 5 до 20 тыс. м на 1 га золошлакоотвала) и большое количество минеральных удобрений (до 500 кг/га).

Золоотвал, подвергнутый санитарно–гигиенической рекультивации (законсервированный), не может быть использован для произвольного сенокошения и выпаса скота, поскольку скот может нанести значительный урон посевам и нарушить плодородный слой, а трава — содержать повышенную концентрацию микроэлементов.

### 3.5 Предложения по утилизации золошлаковых отходов

Несмотря на предпринимаемые меры по максимально полезному использованию золошлаковых отходов, основная их часть (более 85%) складирована на специальных золоотвалах.

Площадь золоотвала №2 Аргаяшской ТЭЦ составляет 430 га. Эта земля выведена из оборота и не может использоваться в сельскохозяйственных, строительных, рекреационных и иных целях.

Пыление золоотвалов загрязняет окружающую среду, отрицательно влияет на здоровье людей, а также на продуктивность сельскохозяйственных угодий. При сильном ветре превышение предельно допустимой концентрации золы в воздухе может иметь место на расстоянии до 4 км от золоотвала. [13]

Так например, ежегодно на сельскохозяйственные площади, расположенные в радиусе 8–10 км от Рязанской ГРЭС, выпадает более 6 тонн золы на 1 км<sup>2</sup>.

Золошлаковые отходы создают опасность загрязнения окружающей среды содержащимися в них токсичными веществами и тяжелыми металлами. Золоотвалы способствуют возникновению техногенно–трансформированных ландшафтов и условий развития антропогенно–преобразованных почв – хемозёмов.

В России под ЗШО ТЭС отчуждено около 20 тыс. км<sup>2</sup> земельных участков, на которых хранится 1,3–1,5 млрд. тонн отходов сжигания угля. Дополнительно к этому ежегодно электростанции производят до 30 млн. тонн отходов. Большинство полигонов переполнено, многие ТЭС по существующим нормам находятся под угрозой закрытия.

В России всего 3 млн. тонн золы, не более 10% от общего количества ежегодно образующихся отходов, используются для дальнейшей переработки в стройиндустрии, дорожном строительстве и других отраслях промышленности. В развитых странах утилизируют 70–95% от выхода ЗШО, а в Нидерландах и Дании – 100%.

Существует 5 основных направлений переработки ЗШМ (в порядке убывания популярности):

- строительные материалы (цемент, кирпич, блоки);
- дорожное строительство (наполнители для дорожного полотна);
- строительные проекты (стеновой материал);
- производство различных наполнителей;
- сельское хозяйство (стабилизаторы почвы).

Направления переработки ЗШМ процентном соотношении показаны на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Направления переработки ЗШМ

Зола и шлаки — это минеральная несгорающая часть угля. В ЗШМ содержится большая часть периодической таблицы: оксид кремния, алюминия, железа, редкоземельные металлы и так далее. Одно из перспективных направлений переработки золошлаковых отходов – извлечение из них полезных металлов. Зола богата оксидом алюминия, ее можно рассматривать как потенциальный заменитель бокситов.

Из составляющих ЗШО практический интерес представляют в золе железосодержащий магнитный концентрат, вторичный уголь, алюмосиликатные полые микросферы и инертная масса алюмосиликатного состава, тяжелая фракция, содержащая примесь благородных металлов, редких и рассеянных элементов.

В результате многолетних исследований получены положительные результаты по извлечению ценных компонентов из золошлаковых отходов (ЗШО) и полной их утилизации.

Путем создания последовательной технологической цепочки различных приборов и оборудования из ЗШО можно получить вторичный уголь,

железосодержащий магнитный концентрат, тяжелую минеральную фракцию и инертную массу.

Вторичный уголь. При технологическом исследовании методом флотации выделен угольный концентрат, названный вторичным углем. Он состоит из частиц несгоревшего угля и продуктов его термической переработки – кокса и полукокса, характеризуется повышенной теплотворной способностью ( $>5600$  ккал) и зольностью (до 50–65%). После добавки мазута вторичный уголь можно сжигать на ТЭЦ, либо, делая из него брикеты, продавать населению как топливо. Извлекается он из ЗШО путем флотации. Выход до 10–15% от массы перерабатываемых ЗШО. Размеры частиц угля 0–2 мм, реже до 10 мм.

Железосодержащий магнитный концентрат, получаемый из золошлаковых отходов, состоит на 70–95% из шарообразных магнитных агрегатов и окалины. Остальные минералы (пирротин, лимонит, гематит, пироксены, хлорит, эпидот) присутствуют в количестве от единичных зерен до 1–5% от веса концентрата. Кроме того, в концентрате спорадически отмечаются редкие зерна платиноидов, а также сплавы железо–хром–никелевого состава. Содержание железа в концентрате колеблется от 50 до 58%. Магнитный концентрат из золошлаковых отходов может быть использован для производства ферросилиция, чугуна и стали. Он также может служить исходным сырьем для порошковой металлургии.

Золошлаковые отходы способны произвести настоящую революцию в строительной индустрии, в дорожном строительстве. ЗШМ обладают уникальными особенностями: низкой теплопроводностью, отличной плотностью. Химический и минералогический состав зольных и шлаковых отходов прекрасно подходит для производства строительных материалов.

Из золы может производиться зольный кирпич (как полнотельный, так и с пустотами). По сравнению с керамическим и силикатным кирпичом, у него ниже теплопроводность и себестоимость. Если посмотреть на технико–экономические показатели зольного кирпича с пустотами и ячеистого бетона, получится, что при меньшей плотности бетона в 1,4–2 раза, прочность кирпича в 5–8 раз выше.

Характеристики	Кирпич зольный полнотельный	Кирпич зольный с пустотами, 25%	Кирпич силикатный с пустотами, 25%	Кирпич керамический с пустотами, 27%	Бетон ячеистый (Сибит)	Дерево
Средняя плотность, кг/ м <sup>3</sup>	1240	1100	1600	1400	500-700	
Вес кирпича (В=65мм), кг	2.4	2.0	3.2	2.7	-	
Вес 1 м <sup>3</sup> , кг	1231	1026	1642	1385	615.4	
Теплопроводность, Вт/ мх °С	0.24	0.15	0.6	0.46	0.12	
Толщина стены здания, усл. ед.	0.4	0.25	1	0.77	0.2	0.15
Прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup> , не менее	125-250	125-200	125-200	125-200	25	0.25
Количество золы, %, не менее	85	80	-	-	-	

Рисунок 3.5 – Сравнительные характеристики зольного кирпича, керамического кирпича, ячеистого бетона, дерева

Аглопорит — искусственный пористый заполнитель, получаемый спеканием при обжиге подготовленных гранул песчано–глинистых пород, других алюмосиликатных материалов, а также отходов от добычи, переработки и сжигания ископаемого твердого топлива (зола тепловых электростанций, отходы добычи и обогащения угля).

Аглопорит можно применять как заполнитель в конструкционных легких бетонах, в дорожном строительстве. В сравнении с широко используемым керамзитом, он прочнее и дешевле. Его можно делать в виде гранул разных форм и размеров.



Рисунок 3.6 – Искусственные пористые заполнители на основе ЗШМ

Прочностные характеристики аглопорита из ЗШО в разы превышают допустимые значения керамзита, приведенные в ГОСТ 9757–90. В настоящее время в России и в странах СНГ на рынке строительных материалов искусственные пористые заполнители с такими высокими прочностными характеристиками и низкой ценой попросту отсутствуют.

Золоемкость аглопорита достигает до 80%. Так как потребность в аглопорите составляет миллионы кубических метров, то и переработка ЗШО будет достигать миллионов тонн. А такие объемы потребления золошлаковых отходов уже реально закрывают большую часть проблем по их утилизации.

Аглопорит можно применять при производстве бетона. Основой строительства является сборный железобетон, индустрия в последние годы идет по пути уменьшения его массы, теплопроводности. Тяжелые бетоны заменяют на легкие с применением пористых искусственных заполнителей, например аглопорита. Модифицированные конструкционные легкие бетоны изготавливают, так же как и тяжелые бетоны аналогичных конструкций, но при этом они легче на 20–50%. Снижается теплоотдача зданий, повышается их уровень теплозащиты, паропроницаемости.

Легкие бетоны дают экономическое преимущество в дорожном строительстве. Его можно закатывать в состав слоя основания, в цементобетон, в состав асфальтобетонной смеси для верхнего слоя дорожной одежды, в качестве минеральной составляющей в битумоминеральной смеси. Такие дороги не промерзают и служат в разы дольше.

### Выводы по разделу III

Реконструированная система гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ с обратной схемой водоснабжения рассчитана для складирования золошлаковых отходов на протяжении работы ТЭЦ 22 лет, с условием сжигания преимущественно в качестве топлива углей Майкубенского угольного разреза с выходом золошлаковых отходов 270 тыс. куб. м./год.оборот воды используемой в замкнутом технологическом цикле системы ГЗУ 630 м<sup>3</sup>/час, подпитка цикла водой из системы технического водоснабжения 70 м<sup>3</sup>/час.

Разработанная система гидрозолоудаления является замкнутой и бессточной. Подача золошлаковой пульпы с площадки ТЭЦ производится багерной насосной станцией, располагаемой в главном корпусе, на месте существующих аппаратов Москалькова.

Золошлакоотвал состоит из двух секций и пруда осветленной воды, примыкающего к секциям золошлакоотвала. Секции первого яруса и пруд осветленной воды имеют общее экранирование дна и откосов ограждающих дамб.



Экранирование выполняется с помощью геомембраны HDPE толщиной 1,0 мм тип 4/5.

Насосная станция осветленной воды принята плавучей.

Технологическими решениями предотвращается сброс загрязненных вод из золоотвала в р. Мишеляк или другие водные объекты, в нижние горизонты грунтовых вод, предотвращается пыление с открытой поверхности пылевых отходов золошлаков.

На основе анализа конструктивно–компоновочных решений золошлакоотвала № 2 и системы внешнего ГЗУ в целом определены определены 2 сценария развития аварий:

Сценарий 1 – Разрушение ограждающих дамб золошлакоотвала в результате перелива воды через гребень дамб из-за нарушения работы водоотводящих сооружений, излив воды и опорожнение отстойного прудка.

Сценарий 2 – Разрушение ограждающих дамб золошлакоотвала в результате потери фильтрационной прочности или статической устойчивости, излив воды и опорожнение отстойного прудка.

Вероятность возникновения аварийной ситуации по сценариям 1 и 2 относится к зоне «Приемлемого (допустимого) уровня» (менее  $2,5 \times 10^{-3}$ ).

В результате реализации технологических решений по модернизации системы гидрозолоудаления Арагяшской ТЭЦ общая величина предотвращённого экологического ущерба составит 910 300 000 рублей.

Для предотвращения негативного воздействия полигонов ЗШМ (золошлакоотвалов) на природу и человека необходима рекультивация отработанных полигонов.

Несмотря на предпринимаемые в РФ меры по максимально полезному использованию золошлаковых отходов, основная их часть (более 85%) складирована на специальных золоотвалах. Однако технологии 100% переработки золошлаковых отходов существуют. В связи с этим рекомендуется применение различных технологий переработки, направленных на безотходное производство.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы являлся анализ работы существующей системы гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ и разработка технологических решений по ее модернизации.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

1) Проанализированы существующая система гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ и ее воздействие на окружающую среду, исследовано качество сточной воды системы ГЗУ ;

2) Рассмотрены возможные варианты модернизации системы гидрозолоудаления на Аргаяшской ТЭЦ с учетом рационализации водопользования и из них выбран оптимальный вариант;

3) Сделан выбор и обоснование выбора технологических решений по модернизации;

4) Рассмотрены приемы рекультивации золоотвалов и предложены способы утилизации золошлаковых отходов.

Аргаяшская ТЭЦ — теплоэлектроцентраль (разновидность тепловой электростанции), расположенная в посёлке Новогорный Озёрского городского округа Челябинской области.

Система гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ предназначена для удаления золошлаковых отходов после сжигания твердого топлива – угля в энергетических котлах. Представляет собой транспортную систему золошлаковых отходов с несущим агентом водой.

В рамках данной научно–исследовательской работы было предложено проанализировать качество исходной воды с различными значениями рН после контакта с золой в системе ГЗУ.

Было выявлено, что величина рН исходной воды не оказывает значительного влияния на количество выщелачивающегося металла, значения всех показателей находятся в пределах погрешности методов исследования. Следовательно, даже при колебаниях значения рН исходной воды озера Улагач, или воды, циркулирующей в оборотной системе водоснабжения (в случае перевода системы ГЗУ на оборотную схему), наблюдаться скачков в количестве выщелачивающихся металлов не будет. Исходя из этого, можно сделать вывод, что сточные воды системы ГЗУ будут иметь примерно постоянный состав вне зависимости от рН исходной воды.

После контакта с золой вода по показателю рН нормализуется до значений 7,83–8,14 и вписывается в допустимые пределы значений для рыбохозяйственных водоёмов. Следовательно, отсутствует необходимость в подщелачивании воды

или ее подкислении, что упрощает технологическую схему очистки сточной воды системы ГЗУ и дает значительную экономию реагентов.

В настоящий момент существующая система ГЗУ Аргаяшской ТЭЦ используется с нарушениями экологического законодательства, экономически неэффективно используются природные ресурсы, а именно: существующая система гидрозолоудаления не предусматривает повторное использование в технологическом цикле ТЭЦ взятой из природной среды воды. Существующая система – прямоточная, при принятой схеме не обеспечивается предотвращение пыления золошлаковых отходов, загрязнение прилегающей территории, не обеспечивается изоляция техногенных вод от грунтовых вод и воды водного объекта реки Мишеляк. При существующем состоянии наблюдается превышение ПДК в сбросах воды в водный объект по фтору, мышьяку, ванадию.

Анализ существующей системы ГЗУ привел нас к выводу о необходимости модернизации системы ГЗУ на Аргаяшской ТЭЦ с целью сохранения водных ресурсов территории.

Были рассмотрены 3 варианта модернизации:

Вариант 1 – организация оборотного водоснабжения ГЗУ при существующем золоотвале, с экранированием ложа золоотвала и откосов дамб. При этом сток реки Мишеляк не участвует в водном балансе системы ГЗУ.

Вариант 2 – организация оборотного водоснабжения ГЗУ при существующем золоотвале с включением стока реки Мишеляк в оборотную систему ГЗУ, без экранирования существующих дамб и основания золоотвала.

Вариант 3 – строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с заменой аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию.

На основании анализа компонентов к дальнейшей проработке был принят вариант 3 – Строительство гидроизолированного золоотвала и реконструкция системы ГЗУ с заменой аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию.

Реконструированная система гидрозолоудаления Аргаяшской ТЭЦ с оборотной схемой водоснабжения рассчитана для складирования золошлаковых отходов на протяжении работы ТЭЦ 22 лет, с условием сжигания преимущественно в качестве топлива углей Майкубенского угольного разреза с выходом золошлаковых отходов 270 тыс. куб. м./год. Оборот воды используемой в замкнутом технологическом цикле системы ГЗУ 630 м<sup>3</sup>/час, подпитка цикла водой из системы технического водоснабжения 70 м<sup>3</sup>/час.

Основными технологическими решениями, предложенными нами по модернизации, являются: перевод системы ГЗУ с прямоточной системы водоснабжения на оборотную, замена аппаратов Москалькова на багерную насосную станцию, устройство нового золоотвала на месте существующего

золоотвала №2 и пруда осветленной воды с экранированием ложа отвала и пруда геомембраной «Техполимер».

Для обоснования устранения сброса загрязненных сточных вод в реку Мишеляк был рассчитан предотвращенный экологический ущерб, который составил 910 296 628,46 рублей.

Оценена вероятность аварий по двум сценариям:

Сценарий 1 – Разрушение ограждающих дамб золошлакоотвала в результате перелива воды через гребень дамб из-за нарушения работы водоотводящих сооружений, излив воды и опорожнение отстойного прудка.

Сценарий 2 – Разрушение ограждающих дамб золошлакоотвала в результате потери фильтрационной прочности или статической устойчивости, излив воды и опорожнение отстойного прудка.

Вероятность возникновения аварийной ситуации по сценариям 1 и 2 относится к зоне «Приемлемого (допустимого) уровня» (менее  $2,5 \times 10^{-3}$ ).

Рекомендованы мероприятия по рекультивации золоотвала: санитарно-гигиеническая рекультивация (консервация), технический рекультивация, биологическая рекультивация.

Предложены способы утилизации золошлаковых отходов – использование ЗШО в производстве строительных материалов (цемент, кирпич, блоки), дорожное строительство (наполнители для дорожного полотна), производство различных наполнителей, сельское хозяйство (стабилизаторы почвы)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Федеральный закон от 03.06.2006 г. №74-ФЗ «Водный кодекс»;
- 2 СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003»;
- 3 СП 90.13330.2012 «Электростанции тепловые». Актуализированная редакция СНиП II-58-75»;
- 4 ГОСТ 27753.2–88 «Грунты тепличные. Метод приготовления водной вытяжки»
- 5 СТО 70238424.27.100.015-2009 «Тепловые электростанции. Системы золоулавливания, удаления и складирования золы и шлака»;
- 6 СО 153-34.20-501-2003 «Правила технической эксплуатации тепловых электростанций»;
- 7 РД 34.27.501-91 «Типовая инструкция по эксплуатации систем гидрозолоудаления тепловых электростанций»;
- 8 РД 34.27.511-98 «Методические указания по предотвращению образования отложений в трубопроводах и насосах систем гидрозолоудаления»;
- 9 Приказ от 13 декабря 2016 года N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»;
- 10 Приказ от 4 декабря 2014 года N 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду»;
- 11 "Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба" (утв. Госкомэкологией РФ 09.03.1999);
- 12 "Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов" (согласовано МЧС РФ 14.08.2001 N 9-4/02-644);
- 13 Путилов В.Я., Путилова И.В., МЭИ(ТУ) Оценка основных интегральных показателей новых и реконструируемых систем золошлакоудаления ТЭС России на примере Рефтинской ГРЭС ОАО «ОГК-5»;
- 14 Фролов А.Н. Особенности расчетов водного баланса для золошлакоотвалов и оборотных систем гидрозолоудаления тепловых электростанций // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2009. Т. 254. С. 113-124;
- 15 Гурина, И.В. Результаты работ по биологической рекультивации второй отработанной секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2011. Т. 311. С. 97-105;

16 «Руководство по химическому анализу воды систем гидрозолаудаления ТЭС» РАО «ЕЭС РОССИИ», ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева»;

17 Копылов, А.С. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов / А.С. Копылов, В.М. Лавыгин, В.Ф. Очков. – 2-ое изд. стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 309[11] с.: ил.

18 Жабо, В.В, Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: Учеб., для техникумов / В.В. Жабо. – М.: Энергоатомиздат, 1992 – 240 с.

19 Гаврилов, Е.И. Топливо-транспортное хозяйство и золошлакоудаление на ТЭС: Учеб. пособие для вузов / Е.И. Гаврилов. – М.: Энергоатомиздат, 1987 – 168с.

