

Министерство науки и высшего образования 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

Точилкин Н.Н.

_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Д.В. Ульрих

_____ 2020 г.

Возможность использования карьерных вод Султановского рудника
для нужд населения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА
ЮУрГУ–08.04.01.2020.305-04.146 ПЗ ВКР

Руководитель ВКР
магистра

Проф., д.г.н,

Н.С. Рассказова

_____ 2020 г.

Автор ВКР

магистр группы АС-391

И.А. Чатуров

_____ 2020 г.

Нормоконтролер

Е.В. Николаенко

_____ 2020 г.

Челябинск
2020

РЕФЕРАТ

Чатуров И.А. Возможность использования карьерных вод Султановского рудника для нужд населения. – Челябинск: ЮУрГУ, АС-391; 2020, - с.55, - ил.7, табл.6, библио.список –18 наим., - прил. 1

Ключевые слова: карьерные воды, водоснабжение сельских поселений, химический состав вод карьера, медно-колчеданное месторождение, рекультивация карьеров.

Объектом исследования являются карьерные воды Султановского медно-колчеданного месторождения

Предметом исследования является возможность использования карьерных вод Султановского медно-колчеданного месторождения

Цель работы – определить направление использования отработанных месторождений и их водного хозяйства в качестве источника водоснабжения

В первой главе выполнено общее описание территории района вблизи разработки Султановского медно-колчеданного месторождения. Проведен анализ воздействия на водные объекты района.

В первом разделе приведена характеристика Султановского месторождения и близлежащего района. Проведен анализ состояния окружающей среды и степень воздействия месторождения. Намечены направления дальнейшего изучения карьерных вод для водоснабжения окружающих поселений.

Во втором разделе проведен анализ проб воды Султановского месторождения. Определены основные показатели качества воды, в соответствии с результатами рассмотрены методы по ее очистке и предложен наиболее оптимальный.

В третьем разделе определены потребители и рассчитаны основные расходы карьерных вод после водоподготовки. Предложен проект прокладки подземного водовода с обустройством переходов под дорогами и водной преградой. Подобраны насосное оборудование и резервуары для хранения воды.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	10
1 Анализ воздействия объектов ликвидируемого Султановского медно-колчеданного на окружающую среду	11
1.1 Общая характеристика исследуемого Султановского медно-колчеданного месторождения	11
1.1.1 Общая информация о районе расположения	12
1.1.2 Климатическая характеристика	14
1.1.3 Гидрогеологическая характеристика.....	15
1.1.4 Гидрологическая характеристика	17
1.2 Водное хозяйство Султановского месторождения.....	19
1.2.1 Характеристика поверхностных вод в районе месторождения	19
1.2.2 Воздействие на поверхностные воды.....	20
1.2.3 Характеристика существующего состояния подземных вод	20
1.2.4 Воздействие на подземные воды	21
1.3 Выводы	25
2 Оценка возможности использования карьерных вод Султановского месторождения в качестве источника водоснабжения	26
2.1 Отбор проб воды на объекте.....	26
2.2 Описание метода анализа	26
2.2.1 Результаты исследования качества исходной воды	28
2.3 Анализ способов деманганаии карьерных вод	29
2.3.1 Глубокая аэрация с последующим фильтрованием.....	29
2.3.2 Деманганаия перманганатом калия.....	30
2.3.3 Фильтрование через модифицированную загрузку.....	32
2.3.4 Обработка воды озоном или диоксидом хлора.....	32
2.3.5 Удаление марганца методом ионного обмена	34
2.4 Выводы	36

3	Возможности использования карьерных вод для нужд населенных пунктов вблизи Султановского медно-колчеданного месторождения.....	35
3.1	Анализ нужд населённых пунктов в водоснабжении и основные предложения по использованию карьерных вод месторождения	35
3.2	Выбор схемы водовода от Султановского месторождения до потребителей	36
3.3	Основные виды потребления воды. Расчетные расходы воды	39
3.4	Выбор оптимального типа трубопровода	42
3.5	Прокладка водовода под руслом реки.....	44
3.6	Выводы.....	51
	Заключение	52
	Библиографический список	53
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	55
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Классификация некоторых химических элементов по степени опасности их содержания в оросительной воде.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Челябинская область исторически является регионом с высокой степенью освоения недр. В первую очередь это относится к месторождениям металлов (железо, цинк, медь и т.д.). Эта отрасль промышленности является основой экономики региона в целом, и районов в которых разрабатываются месторождения, в частности.

Но вместе с тем каждая разработка месторождений оказывает значительное воздействие для окружающую среду и ухудшает экологический фон территории. Вопрос об использовании территорий и водных ресурсов после завершения отработки месторождений становится все более важной составляющей экологической политики. Возможность применения карьерных вод для нужд населения и промышленности может позволить снизить нагрузку на имеющиеся источники водоснабжения и подойти к вопросу водообеспечения более рационально.

Такой подход к решению вопроса по использованию водных ресурсов может позволить создать задел для развития районов, на которые оказывалось негативное воздействие добывающей промышленности и диверсификацию их экономик.

Актуальность работы заключается в необходимости решения вопроса использования отработанных месторождений для нужд населения

Целью работы является определение возможности использования карьерных вод Султановского медно-колчеданного месторождения

Задачи исследования:

1. Проанализировать информации о существующем состоянии водных ресурсов в районе Султановского месторождения и выявить недостатки в имеющемся водоснабжении поселений района.

2. Провести анализ проб карьерных вод месторождения и определить их пригодность и направление для использования в качестве источника водоснабжения

3. Предложить общий проект по осуществлению водоснабжения потребителей водами Султановского месторождения

1 АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ЛИКВИДИРУЕМОГО СУЛТАНОВСКОГО МЕДНО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

1.1 Общая характеристика исследуемого Султановского медно-колчеданного месторождения.

Султановское месторождение медно-колчеданных руд разведано в 1950 г., расположено на восточном склоне Среднего Урала в северо-восточной части Челябинской области в 55 км к северу от г. Челябинска в пределах Кунашакского района, в 15 км юго-восточнее районного центра Кунашак, в 8 км восточнее железнодорожной станции Муслюмово Южно-Уральской железной дороги, в 4 км к западу от с. Султаново. Расположение Султановского месторождения представлено на рис. 1.1.

Способ отработки месторождения - открытый с взрывной подготовкой горной массы, погрузкой и транспортировкой добытой руды до места назначения.

При отработке Султановского месторождения образовалась выемка длиной до 920 м, шириной около 620 м, глубиной 185 м, площадью по поверхности 47 га. Параметры карьера на конец отработки приведены в табл. 1.1.

В настоящее время добыча полезных ископаемых на месторождении прекращена. Принято решение о ликвидации путем постепенного затопления рудной выработки с сопутствующей рекультивацией земель.

1.1.1 Общая информация о районе расположения

Кунашакский муниципальный район находится в северо-восточной части Челябинской области. На севере граничит со Свердловской и Курганской областями, на востоке – с Красноармейским районом, на юге – с Сосновским, на юго-западе – с Аргаяшским, на западе – с Каслинским районами. Положение

Кунашакского района на карте Челябинской области представлено на рис.1.2.

Территория района – 3,2 тыс. км², что составляет 3,6 % общей площади области. Расстояние от районного центра до г. Челябинска - 72 км. Кунашакский район граничит на северо-западе с Каслинским районом, на юго-западе – с Сосновским, на западе – с Аргаяшским, на востоке – с Красноармейским районом, на северо-востоке – с Курганской и Свердловской областями.

Район делится на 9 сельских поселений. На территории района расположено 78 населенных пунктов. Максимальная отдаленность населенных пунктов от районного центра составляет 90 км.

В пределах района расположено более 50 озер, общая их площадь составляет порядка 10% территории. Крупнейшие озера: Уелги – 60,3 кв. км, Тишки – 25,5 кв. км, Большой Куяш – 21,1 кв. км, Калды – 7,9 кв. км. Крупные реки – Теча (243 км) и Синара (148 км) - относятся к бассейну реки Тобол и протекают по территории района в восточном и северном направлениях берут начало в Каслинском районе.

Ведущая отрасль экономики района – сельское хозяйство. Почвенно-климатические условия на территории района создают предпосылки для развития животноводства и земледелия.

В районе имеется зараженная вследствие радиационных выбросов территория – в Муслюмовском муниципалитете у реки Теча. В настоящее время проходит переселение жителей села Муслюмово в п. Ново-Муслюмово.

1.1.2. Климатическая характеристика

Основными особенностями климата является холодная и продолжительная зима с частыми метелями, устойчивым снежным покровом. Летом наблюдается вхождение с юга и юго-востока сухого и жаркого континентального воздуха, формирующегося под Средней Азией и Казахстаном. Лето непродолжительное, теплое, иногда жаркое.

Характерным для территории района расположения месторождения является недостаточное увлажнение с периодически повторяющейся засухой. На

формирование климата существенно влияют Уральские горы, являясь препятствием на пути господствующего западного переноса воздушных масс. Деформация воздушных потоков горами вызывает изменение погоды и способствует изменению в распределении всех метеоэлементов.

Климат в районе расположения Султановского рудника, согласно [17] по воздействию на технические изделия и материалы определен как «умеренно холодный». Согласно [18] участок работ относится к строительному району I В.

Температура воздуха. Среднегодовая температура воздуха 2,5 °С. Абсолютный минимум температуры воздуха минус 49 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха 40 °С. Среднемесячная и годовая температура воздуха района представлена в таблице 1.2.

Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца 24,3°С. Средняя максимальная температура воздуха наиболее холодного месяца – 15,4°С.

Таблица 1.2 – Среднемесячная и годовая температура воздуха, период 1980- 2016 г.г.,°С

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Температура воздуха, °С	-14,3	-12,3	-5,9	4,2	11,3	16,8	18,0	15,4	9,8	3,5	-6,2	-11,2	2,5

Среднегодовая скорость ветра - 2,3 м/с. Скорость ветра, повторяемость превышения которой в году составляет 5% - 7 м/с. Месячное и годовое количество осадков в Кунашакском районе приведено в таблице 1.3

Таблица 1.3 – Месячное и годовое количество осадков с поправками на смачивание, период 1980-2016г.г., мм

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
количество осадков, мм	17	17	17	24	42	52	82	62	44	41	27	27	

Средняя высота снежного покрова из наибольших за зиму 33 см. Максимальная высота снежного покрова из наибольших за зиму 51 см. Высота снежного покрова по месяцам в Кунашкском районе представлена в таблице 1.4

Таблица 1.4 – Средняя высота снежного покрова на конец месяца, см

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя высота снежного покрова, мм	27	28	22	-	-	-	-	-	-	-	10	20

Температура почвы. Нормативная глубина промерзания грунтов [3]:

- глинистых и суглинистых грунтов – 1,62 м;
- супесей, песков мелких и пылеватых – 1,98 м;
- песков гравелистых, крупных и средней крупности – 2,12 м.

1.1.3 Гидрогеологическая характеристика

Согласно [15] территория района работ относится к Исетскому бассейну субрегионального подземного стока Западно-Сибирского артезианского бассейна подземных вод с преобладающим развитием пластовых безнапорных и напорных вод.

Ранее проведенными гидрогеологическими исследованиями установлено, что на площади месторождения развиты трещинно-пластовые подземные воды мезокайнозойских отложений и трещинные воды пород палеозойского возраста.

Первый от поверхности водоносный горизонт приурочен к пескам, трещиноватым песчаникам и опокам палеогена, залегающим на глубине от 3-5 до 25-30 м. Мощность водоносного горизонта 30-40 м.

Второй от поверхности водоносный горизонт приурочен к пескам, кварцево-глауконитовым песчаникам и мергелям мелового возраста. Глубина залегания кровли данного горизонта от 30-40 до 50-60 м. Мощность горизонта от 5-6 до 15-20 м.

Водоупором между первым и вторым водоносными горизонтами служат прослойки мергелистых глин, которые также не имеют сплошного площадного распространения и не обеспечивают полной изоляции водоносных горизонтов между собой. Общая мощность двух описанных выше водоносных горизонтов изменяется от 25-30 м в западной и юго-западной частях месторождения до 40-60 м – в восточной и центральной его частях.

Третий водоносный горизонт приурочен к трещиноватой зоне выветривания пород палеозоя. В западной и юго-западной части месторождения он залегает на глубине 25-30 м, а в восточной – 60-70 м.

Второй и третий водоносные горизонты гидравлически связаны между собой и

изолированы только на отдельных участках, где получили развитие водоупорные элювиальные глины.

Подземные воды всех трех водоносных горизонтов, развитых на площади месторождения, гидравлически связаны между собой и имеют практически единое зеркало водной поверхности. Уровни залегают на глубине от 0,5 до 9,25 м в зависимости от гипсометрического положения устья скважин в рельефе. Фильтрационные свойства водовмещающих пород палеогенового и мелового водоносных горизонтов, в основном, идентичны. Коэффициенты фильтрации палеогенового водоносного горизонта изменяются в пределах 0,5-2,6 м/сут, а палеоген - мелового водоносного комплекса в целом – 0,39-4,6 м/сут. Дебиты скважин при совместном опробовании первых двух горизонтов составили 2,8-9,4 л/с при удельных дебитах от 0,4-0,5 до 1,8 л/с.

Питание подземных вод на оцениваемой площади происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Область питания, в основном, соответствует площади распространения пород.

Направление потока подземных вод в естественных условиях до начала отработки Султановского месторождения с северо-востока на юго-запад, в сторону лога с Безымянным ручьем, а в целом (в пределах водосборной площади) – с севера на юг, в сторону р.Теча.

Интенсивность циркуляции и водообмена уменьшаются с глубиной, о чем свидетельствует химический состав подземных вод.

Воды палеогенового водоносного горизонта по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые, пресные с сухим остатком 0,3-0,4 г/дм³, что характерно для горизонтов с хорошей циркуляцией и близостью области питания, короткими путями фильтрации атмосферных осадков. Воды мелового и палеозойского водоносных горизонтов гидрокарбонатные натриевые и гидрокарбонатно-сульфатные магниевые-натриевые, пресные.

Осушение месторождения осуществлялось путем откачки воды из водопонижительных скважин и карьерным водоотливом. В результате осушения месторождения развилась депрессионная воронка радиусом до 2,5 км.

В ходе инженерно-экологического обследования участка изысканий в марте 2016 г. проведены измерения уровня подземных вод в районе Султановского рудника по выявленным наблюдательным скважинам. Анализ данных режимных наблюдений за положением уровня подземных вод в районе Султановского месторождения показал, что с 2012 г. произошла относительная стабилизация зависимости гидрогеологических условий от сложившегося водопритока в карьер.

Направление потока подземных вод радиальное в сторону карьера Султановского рудника.

Между карьером и р. Теча прослеживается локальный водораздел, определяющий границу влияния карьерного водоотлива, южнее выявленного водораздела поток подземных вод направлен в сторону р. Теча.

1.1.4. Гидрологическая характеристика

По морфологическим признакам озера в Кунашакском районе относятся к равнинному типу и расположены в пределах Западно-Сибирской низменности.

Озера района находятся на высоте 150-170 м над уровнем моря, размеры их незначительные. Они имеют сходный гидрохимический состав воды гидрокарбонатно-натриево-содового типа. Общая минерализация воды колеблется в зависимости от условий водообмена озер от 1,26 до 5,58 г/л, но гидрохимический тип одинаков.

Речная сеть развита слабо, притоки реки Течи малочисленны и невелики по протяженности, большая часть их к середине лета пересыхает. Река Теча берет начало из озера Иртыш, протекает в восточном и северо-восточном направлении и на 353-м км от устья впадает в реку Исеть на территории Курганской области. Теча является частью речной системы Теча- Исеть-Тобол-Иртыш-Обь, входящей в состав бассейна Карского моря Северного Ледовитого океана. По гидрологическим показателям (длина реки, площадь водосбора и др.) река Теча принадлежит к разряду малых равнинных рек.

Длина реки по территории Челябинской области около 260 км. Верхняя часть ее бассейна расположена в горной и предгорной зоне Южного Урала. На широких

плоских междуречных пространствах сосредоточены многочисленные озера размером от нескольких гектаров до 55 км², а также болота. Большинство озер бессточные, многие из них, соединяясь друг с другом, образуют целые системы. Залесенность водосбора – 32 %, заболоченность – 8 %, заозеренность – 7 %.

Река Теча питается преимущественно снеговыми талыми водами, пропусками воды из Каслинской системы и относится к типу рек с весенним половодьем и низкой летней меженью. Доля снегового питания составляет более 80 % годового стока. Пойма двусторонняя.

Среднее начало ледостава 2 ноября, средняя продолжительность ледостава 165 суток, толщина льда к концу зимы 75-85 см, среднее очищение реки ото льда 16 апреля.

В период разработки месторождения осуществлялся сброс очищенных сточных вод в водный объект. Расчетные гидрологические характеристики р. Теча в месте сброса сточных вод с очистных сооружений Султановского рудника: минимальные среднемесячные расходы воды 95 %-ной обеспеченности в период летне-осенней межени – 0,65 м³/с, в период зимней межени – 0,22 м³/с.

Среднемноголетний сток реки составляет 2,50 м³/с или 78,9 млн. м³/год. Расстояние от устья до места выпуска сточных вод с очистных сооружений составляет 150 км.

Состав речной воды сульфатно-гидрокарбонатный или гидрокарбонатно-сульфатный, кальциево-натриевый, кальциево-натриево-магниевый или магниевонатриево-кальциевый при минерализации 0,4–0,5 г/дм³ и рН 7,5–8,5. Общая жесткость – 5 мг-экв/дм³.

Султановский рудник располагается в севернее р. Теча за пределами ее водоохранной зоны.

1.2 Водное хозяйство Султановского месторождения

1.2.1 Характеристика поверхностных вод в районе месторождения

Больших рек вблизи месторождения нет. Ближайшей водной артерией является р. Теча, протекающая в 2 км южнее месторождения.

Непосредственно в районе месторождения расположены, в основном, мелкие озера, имеющие преимущественно жесткие и засоленные воды, непригодные для питья. Местное население пользуется грунтовыми водами колодцев и скважин.

Река имеет весьма пологую, местами сильно заболоченную долину с участками мелкого леса на склонах. Ширина реки 10-15 м.

Результаты мониторинга поверхностных вод р. Теча за 2012 г [16] показали, что поверхностные воды р.Теча и впадающего в нее ручья по определяемым компонентам соответствуют нормативам, за исключением показателя окисляемости, который составляет на реке до 10,0 мгО₂/л (2ПДК).

По химическому составу воды сульфатно-гидрокарбонатные со смешанным катионным составом, с сухим остатком 0,6 г/дм³, с реакцией среды нейтральной. Выявлены превышения концентрации хрома от 0,06 до 0,25 мг/дм³ (1,2-5 ПДК), а в единичных пробах марганца и титана.

Таким образом, качество воды р. Теча определяется геохимическим фоном рассматриваемого района, и хозяйственной деятельностью на площади ее водосбора.

В целом, экологическое состояние поверхностных вод в районе участка изысканий оценивается как относительно удовлетворительное.

1.2.2 Воздействие на поверхностные воды

При эксплуатации Султановского рудника основным видом воздействия на поверхностную гидросферу являлось увеличение стока и изменение химического состава р. Теча за счет сброса очищенных сточных вод. Сточные воды формировались за счет дренажных вод карьера, поверхностного стока с территории промплощадок рудника, подотвальных вод, хозяйственно-бытовых стоков. Для предотвращения сверхнормативного загрязнения водных объектов при эксплуатации рудника производился сбор, накопление и комплексная очистка всех видов сточных вод перед сбросом.

До с.Муслимово источниками загрязнения р. Теча являются хозяйственно-бытовые сточные воды г.Озерска, поселка №2, Новогорного поселка, промышленные сточные воды Аргаяшской ТЭЦ, а так же фильтрат из водоемов -

накопителей промышленных сточных вод ПО «Маяк». В районе с.Муслимово река дополнительно загрязняется хозяйственно-бытовыми сточными водами железнодорожной станции Муслимово и далее подвержена влиянию поверхностного стока с сельхозугодий.

Ликвидация Султановского рудника предусматривает демонтаж и рекультивацию всех источников техногенного воздействия на поверхностные воды. В процессе проведения работ по ликвидации производственных объектов Султановского рудника и рекультивации нарушенных земель негативное воздействие на поверхностные воды, связанное со сбросом сточных вод в водные объекты и на рельеф местности, исключается, система водоотведения решается локально без сброса сточных вод в поверхностные источники.

1.2.3 Характеристика существующего состояния подземных вод

Согласно [16] в радиационном отношении подземные воды безопасны, соответствуют нормам радиационной безопасности по суммарной альфа-, бета-активности и содержанию радона. Подтягивания радиоактивности к карьере в результате водопонижения не установлено.

Качество подземных вод в пределах участка работ характеризуется естественным химическим составом, характерным для региона.

Подземные воды палеозойских образований охарактеризованы по результатам исследований химического состава, выполненных в аналитической лаборатории Южно-Уральского центра коллективного пользования по исследованию минерального сырья Института минералогии УрО РАН (г. Миасс). Для оценки степени изменения состава воды карьерного озера опробование карьера выполнено послойно с глубины 0,1 м, 3 м, 7 м, 10 м, 15 м, 25 м, 35 м

По результатам опробования УрО РАН воды карьера гидрокарбонатно-сульфатные по анионам - смешанные, минерализация воды увеличивается от 0,75 г/л в приповерхностном слое до 1,38 г/л на глубине 35 м, общая жесткость увеличивается от 7,83 мг-экв/л в приповерхностном слое до 13,90 мг-экв/л на глубине 35 м.

В водах карьера выявлены повышенные концентрации магния (до 1,7 ПДК), сульфатов (до 1,4 ПДК), цинка (до 1,7 ПДК), никеля (до 11,1 ПДК), марганца (до 11 ПДК).

Изменения химического состава карьерных вод прослеживаются до глубины порядка 10 м, проявляющиеся в увеличении доли сульфатов в анионном составе воды, ниже наблюдается тенденция стабилизации химического состава.

С глубиной наблюдается закисление карьерных вод, рН воды уменьшается от 7,70 в приповерхностном слое до 6,90 на глубине 35 м.

Таким образом, на фоне уменьшения рН воды с глубиной происходит увеличение минерализации карьерных вод, содержания в них сульфатов, меди, цинка, никеля, марганца, кадмия, связанных с окислением сульфидсодержащих масс в условиях доступа кислорода и активного водообмена.

1.2.4 Воздействие на подземные воды

Процесс ликвидации Султановского рудника оказывает основное воздействие на гидрогеологическую среду при затоплении карьерной выемки. Воздействие на подземные воды выражается в изменении гидрогеологических условий в следующих направлениях:

1) изменение структуры потока подземных вод, условий их питания, разгрузки и повышение уровня вследствие остановки карьерного водоотлива.

2) изменение качества подземных вод при восстановлении системы водообмена и баланса между компонентами химического состава подземных вод в районе месторождения.

При отключении карьерного водоотлива в результате естественного затопления уровень воды в карьере установится на абсолютных отметках +175 м, соответствующих естественным отметкам уровня подземных вод до начала отработки месторождения. Образуется водная поверхность площадью 47 га, глубина водоема составит 185 м. В теплые периоды года будет происходить снижение уровня за счет испарения, превышающего в рассматриваемом регионе количество осадков.

Ориентировочный расчет поступления воды в карьер выполнен по результатам

эпизодических замеров уровня воды в карьере в ноябре 2015 г. марте 2016 г. и сентябре 2016 г, когда при снижении дебита водоотлива с 105-250 м³/час (в период отработки) до 55-80 м³/час начался подъем уровня воды в карьере. Снижение дебита водоотлива относительно периода отработки месторождения привело к повышению уровня воды в карьере до абсолютной отметки +65,72 м.

Суммарный водоприток в карьер на меженный период, характеризующийся отсутствием поступления дополнительного питания за счет атмосферных осадков (ноябрь-март), составил 471,2 тыс. м³, что соответствует притоку подземных вод в количестве 4665 м³/сут, или 194 м³/час.

Суммарный водоприток в карьер на паводковый период, характеризующийся поступлением дополнительного питания за счет атмосферных осадков (март-сентябрь), составил 929,4 тыс. м³, что соответствует притоку подземных вод в количестве 5403 м³/сут, или 225 м³/час.

Среднее значение водопритока в карьер за период с ноября 2015 г. по сентябрь 2016 г. составлял 5130 м³/сут, или 214 м³/час. Полученное значение соответствует среднегодовой величине водопритока в карьер при его отработке.

Опыт гидрогеологических исследований на затапливаемых рудниках Уральского региона показывает, что в первые годы затопления карьеров связь притока подземных вод и понижения уровня подземных вод подчиняется линейной зависимости, далее наблюдается замедление темпов затопления, связанное с влиянием метеорологических и гидродинамических факторов, в связи с уменьшением расходов подземного потока при уменьшении уклонов депрессионной поверхности.

Расчет времени затопления карьерной выемки до естественных отметок уровня подземных вод показал, что с учетом объема незатопленной на сентябрь 2018 г. части карьера, составляющего 25,081 млн. м³, при притоке подземных вод в количестве 5130 м³/сут (214 м³/час), время заполнения карьерной выемки водой составит 4159 сут, или 11 лет и 5 мес. Таким образом, полное заполнение карьерной выемки водой прогнозируется к январю 2030 года.

Приходные составляющие водопритоков в карьер формируются за счет притока

подземных вод и притока за счет атмосферных осадков. Притоки снижаются в связи с испарением воды с поверхности карьерного озера. В исследуемом регионе величина испаряемости превышает среднемноголетнюю годовую сумму осадков, то есть полученная величина времени затопления занижена.

Экспертная величина времени затопления карьерной выемки, с учетом отставания темпов притока воды на конечном этапе затопления, составляет 7-13 лет.

Стабилизации уровня вод в карьере наступит за счет равновесия между поступлением воды в карьер (подземные воды и атмосферные осадки) и испарением.

Изменение химического состава подземных вод может происходить при восстановлении системы водообмена и баланса между компонентами химического состава подземных вод в районе месторождения.

При отработке Султановского месторождения химический состав вод карьерного водоотлива, формирующийся за счет подземных вод и атмосферных осадков, характеризовался сульфатно-гидрокарбонатным составом, низкой минерализацией (0,4-0,5 г/л), околонеutralной реакцией среды (рН 6,7), повышенных содержаний микроэлементов, характерных для зоны окисления рудных тел, не обнаруживалось. Такой состав воды связан с тем, что основной приток при разработке месторождения формируется из вскрышных палеоген-меловых водовмещающих пород, на 90 % превышающий приток из палеозойских пород, а также слабо развитыми процессами окисления сульфидных минералов в рудной зоне.

После отработки месторождения и уменьшения объемов водоотлива начался процесс затопления карьерной выемки Султановского месторождения за счет вод палеозойского водоносного горизонта.

Химический состав подземных вод палеозойского горизонта гидрокарбонатно-сульфатный, по анионам - смешанный, характеризуется околонеutralной реакцией среды, в воде выявлены слабо повышенные концентрации магния, сульфатов, цинка, никеля, марганца. Формирование сульфатного состава

подземных вод и слабо повышенные содержания металлов в условиях околонефтяной среды объясняется их распространением в околорудных телах со слабо развитыми процессами окисления.

При достижении уровня затопления карьерной выемки горизонта +130 м (подошва палеоген-меловых пород) основную роль в затоплении начнут принимать подземные воды палеоген-мелового водоносного горизонта.

Разбавление вод палеозойских отложений происходит за счет атмосферных осадков, выпадающих в пределах карьера и его водосборной площади, притока относительно "чистых", не затронутых влиянием окисляющихся сульфидов, вод палеоген-меловых отложений. В результате воды карьерного водоотлива характеризуются слабыми изменениями химического состава. Прогнозный расчет изменения качества подземных вод в Султановском месторождении представлен в таблице 1.5

Результаты расчета смешения показали, что при остановке водоотлива и затоплении карьерной выемки Султановского месторождения содержания основных загрязняющих компонентов не будут превышать предельно-допустимые концентрации для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, за исключением марганца, содержание которого может достигать 0.4 мг/л.

Необходимо отметить, что повышенные содержания марганца характерны для подземных и поверхностных водотоков исследуемого района. Так, повышенные содержания марганца отмечались в поверхностных водах р. Теча (до 0,42 мг/л), оз. Сагишты (0,13 мг/л), повышенные содержания марганца выявлялись в водах меловых и палеозойских образований отложений (до 10,18 мг/л), еще до начала отработки Султановского месторождения.

1.3 Выводы

Район Султановского месторождения испытывает дефицит в источниках чистой воды. В данный момент для покрытия нужд населения и производства используются источники подземных вод. Использование вод карьера на нужды

местных с/х предприятий и птицефермы как резерва, является актуальным и может дать задел на будущее развитие района, для которого эта отрасль является ведущей. Для более точного определения качества карьерных вод необходимо провести их анализ с последующим выбором технологии водоподготовки.

2 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ ВОД СУЛТАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Отбор проб воды на объекте

Пробы для анализа были взяты на Султановском месторождении, в осенний период. На момент проведения забора проб уровень воды в карьере установился на отметке приблизительно +70 м, что соответствует ~ 40% от запланированного итогового уровня. Пробы взяты из самозатапливаемого карьерного озера на глубине 0.2 – 0.4 м.

2.2 Описание метода анализа

Вольтамперометрия–высококочувствительный метод анализа неорганических и органических веществ в химических, биологических, геологических, экологических и других объектах. Метод основан на получении и изучении вольтамперных (поляризационных) кривых, отражающих зависимость силы тока (I), протекающего через электрохимическую ячейку от приложенного к ячейке напряжения (E). Поляризацией называют смещение потенциала электрода от равновесного значения под действием прилагаемого напряжения.

Вольтамперные кривые, выражающие зависимость тока разрядки электрохимически активного вещества на поляризуемом электроде от прилагаемого напряжения, называют поляризационными.

Электрохимическая ячейка для реализации вольтамперометрического анализа представлена на рис. 1.4. Она состоит из электролизера (стакана) с анализируемым раствором, в который погружены индикаторный электрод (ИЭ) и электрод сравнения (ЭС). На электроды ячейки с помощью внешнего источника стабилизированного питания (ИСП) и переменного сопротивления делителя напряжения $R_{\text{дел}}$ подают плавно изменяющееся поляризующее напряжение. Шунтирующее переменное сопротивление (шунт) $R_{\text{шунта}}$ предназначено для настройки диапазона измерения гальванометра.

Рисунок 1.4 – Схема вольтамперометрической установки

где, ИЭ – индикаторный электрод; ЭС – электрод сравнения; Г – гальванометр; V – вольтметр; $R_{\text{шунта}}$ – шунт гальванометра; $R_{\text{дел}}$ – делитель напряжения, ИСП – источник стабилизированного питания

Сила тока I зависит от электростатического взаимодействия электродов с ионами, а также диффузионного процесса. Электростатическая составляющая тока, называемая миграционным током, зависит от напряжения электрического поля, но не зависит от концентрации определяемого вещества, поэтому не может использоваться в аналитических целях. Для устранения влияния электрического поля в исследуемый раствор вводят 50-100 кратный избыток (по сравнению с концентрацией определяемых ионов) индифферентного электролита, называемого фоном

По значению предельного диффузионного тока судят о концентрации вещества в растворе, а по потенциалу полуволны – о природе иона. Площадка диффузионного тока хорошо различима на полярографической кривой, если потенциалы полуволн веществ отличаются друг от друга более чем на 0,1–0,2 В. В этом случае на одной полярограмме можно получить хорошо выраженные волны нескольких веществ – полярографический спектр.

В качестве метода анализа в лаборатории кафедры использовалась инверсионная вольтамперометрия (ИВ). Она основана на электрохимическом

концентрировании электроактивных компонентов раствора (металлов) при постоянном потенциале на поверхности индикаторного электрода и последующем растворении полученного концентрата при заданной скорости изменения потенциала.

Главными отличиями ИВ от классической полярографии (прямой вольтамперометрии) являются:

- наличие стадии накопления (электроконцентрирования) определяемого вещества;
- применение стационарных (обычно твердых) электродов вместо капающих.

Процесс измерений включает несколько стадий. В наиболее распространенном варианте метода – анодной ИВ – реализуют обычно четыре стадии: электрохимическая регенерация поверхности индикаторного электрода, электроконцентрирование – электролитическое накопление определяемых металлов на поверхности индикаторного электрода при его вращении, успокоение раствора перед съемкой вольтамперной кривой, измерительная стадия.

Аналитическим сигналом является высота анодного тока, пропорциональная концентрации определяемых ионов в растворе при постоянстве всех условий опыта, а потенциал анодного пика характеризует природу химического вещества в анализируемых условиях. Для оценки концентрации ионов металла можно измерять и площадь под пиком, и высоту пика. Величина и форма аналитического сигнала зависят от формы поляризующего напряжения в перечисленных выше вариантах вольтамперометрии.

Инверсионная вольтамперограмма имеет характерный вид кривой с пиками и представлена на рисунке 1.5

Для проведения анализа карьерных вод использовался вольтамперметрический анализатор ТА-Lab совместно с компьютером. Регистрацию и обработку результатов измерений каждой параллельной пробы анализируемой воды и холостой пробы, а также расчет концентрации элемента в пробе выполняла система сбора и обработки данных анализатора.

2.2.1 Результаты исследования карьерных вод

Результаты анализа воды в лаборатории приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6. – Полученные показатели качества карьерных вод Султановского рудника

Показатель	Значение	ПДК
Mn, мг/л	0,4	0,1
Cd, мг/л	0,001	0,001
Pb, мг/л	0,01	0,03
Cu, мг/л	0,35	1,0
Fe, мг/л	0,37	0,3
Zn, мг/л	0,2	5,0
Mg, мг/л	51	-
pH	6,8	6-9
Жесткость общая мг-экв/л	8,7	7

Для использования воды в качестве резерва для технических нужд птицефабрики в п. Ново-Муслимово и полива с/х угодий определяющим показателем [4], ограничивающим применение вод Султановского рудника, является марганец с превышением ПДК в 4 раза. Следовательно, необходимо выбрать оптимальный метод удаления марганца для технических нужд птицефабрики

Для полива с/х угодий вода является пригодной без предварительной подготовки. Классификация химических элементов по степени опасности их содержания в оросительной воде представлена в приложении А.

2.3 Анализ способов деманганизации карьерных вод

Методы деманганизации воды можно классифицировать на безреагентные и реагентные, на окислительные, сорбционные, ионообменные и биохимические. К числу безреагентных методов удаления марганца из воды следует отнести: глубокую аэрацию с последующим отстаиванием и фильтрованием на скорых осветлительных фильтрах с сорбцией марганца на свежесформованном гидроксиде

железа.

К числу реагентных методов деманганизации воды прежде всего относятся окислительные с использованием хлора и его производных, озона, перманганата калия, технического кислорода. К ним относятся и методы, предусматривающие использование щелочных реагентов.

2.3.1 Глубокая аэрация с последующим фильтрованием

Удаление марганца методом глубокой аэрации с последующим фильтрованием предусматривает первоначальное извлечение из воды под вакуумом свободной углекислоты (рН повышается до 8 – 8,5), которое производится в вакуумно-эжекционном аппарате с последующим насыщением обрабатываемой воды кислородом воздуха в его эжекционной части, ее диспергирование до капельного состояния и фильтрование через зернистую загрузку.

Технологическая схема состоит из скорых осветительных фильтров, над зеркалом воды которых размещены напорные вакуумно-эжекционные аппараты. Метод применим при окисляемости исходной воды до 9,5 мг O_2 /л. Подобная технология позволяет успешно решать задачи не только деманганизации, деферризации, но и дегазации воды.

Необходимым условием рассматриваемого метода даманизации воды является присутствие в ней железа (II), которое при окислении растворенным кислородом образует гидроксид железа, адсорбирующий на поверхности марганец (II) и каталитически влияющий на его окисление. Процесс успешно протекает при рН аэрированной воды ниже 8,5 и величине $E < 0,4$ В.

Рисунок 1.6 – Вакуумно-эжекционная установка: 1 — конфузор; 2 — сопло Вентури; 3 — вакуумная камера; 4 — отверстия для подсоса воздуха, 5, 6 — вакуумные зоны

Предварительное вакуумирование выполняет две задачи: удаление вредных веществ, мешающих окислительному процессу, и осуществление процесса, вакуумного разрушения струи, что создает условия для дробления капель воды при эжектировании окружающего воздуха

При фильтровании происходят следующие процессы. Поверхность песка при $pH \sim 7$ имеет малый электрический отрицательный заряд и поэтому обладает слабыми сорбционными свойствами по отношению к ионам марганца (II) и железа (II) г имеющими положительный заряд. С ростом pH эти свойства усиливаются. При фильтровании через песок сначала происходит адсорбция ионов железа (II) и марганца (II) поверхностью его зерен. Под действием растворенного в воде кислорода ион железа (II) окисляется до железа (III), который, гидролизуясь, образует на поверхности зерен загрузки качественно новый сорбент, состоящий из соединений железа, который и сорбирует ионы марганца (II). Растворимая в воде свободная углекислота также сорбируется этим сорбентом, ухудшая эффект очистки за счет понижения значения pH .

Достоинством этого метода очистки является возможность удалять марганец не только из вод, в которых он присутствует совместно с железом, но и из вод, где железо отсутствует, создавая добавления в воду железного купороса, одного из самых дешевых реагентов.

2.3.2 Деманганация воды перманганатом калия

Основана на его способности окислять марганец (II) с образованием малорастворимого оксида марганца:



Важным аспектом применения перманганата калия для очистки воды от марганца является образование дисперсного осадка оксида марганца MnO_2 , который, имея большую удельную поверхность порядка $300 \text{ м}^2/\text{г}$, является эффективным сорбентом. При обработке воды перманганатом калия снижение привкусов и запахов происходит также вследствие частичной сорбции

органических соединений образующимся мелкодисперсным хлопьевидным осадком гидроксида марганца. Кроме того, осадок оксида марганца, как это указывалось выше, обладает каталитическими свойствами по отношению к процессу окисления иона марганца (II) кислородом воздуха.

Применение перманганата калия дает возможность удалить из воды как марганец, так и железо независимо от форм их содержания в воде. В водах с повышенным содержанием органических веществ железо и марганец образуют устойчивые органические соединения (комплексы), медленно и трудно удаляемые при обычной обработке хлором и коагулянтом. Применение перманганата калия, сильного окислителя, позволяет разрушить эти комплексы с дальнейшим окислением ионов марганца (II) и железа(II) и коагуляцией продуктов окисления. Кроме того, коллоидные частицы гидроксида марганца $Mn(OH)_4$ в интервале $pH=5...11$ имеют заряд, противоположный зарядам коллоидов коагулянтов $Fe(OH)_3$ и $Al(OH)_3$, поэтому добавление перманганата калия к воде интенсифицирует процесс коагуляции. Таким образом, перманганат калия, оказывая совокупное действие как окислителя, сорбента и вспомогательного средства коагуляции, является высокоэффективным реагентом для очистки воды от целого ряда загрязнений, в том числе и от марганца.

Эксперименты показали, что максимальное снижение концентрации марганца(II) в воде (до 97%) достигается при обработке воды перманганатом калия дозой 2 мг $KMnO_4$ на 1 мг марганца(II) с дальнейшим добавлением коагулянта для удаления продуктов окисления и взвешенных веществ. Остаточное содержание марганца в воде при этом не превышало 0,1 мг/л, а после фильтрования воды на песчаных фильтрах она практически не содержала ионов марганца (II), одновременно наблюдалось полное удаление железа. На удаление 1 мг $Mn(II)$ расходуется 1,88 мг $KMnO_4$.

В настоящее время разработана технология применения перманганата калия для удаления марганца, а также привкусов и запахов воды в промышленном производстве. Достоинством этого метода является возможность использования

его на уже действующих сооружениях очистки без изменения существующей технологической схемы.

На фильтровальных комплексах очистки воды из поверхностных источников раствор перманганат калия вводится в воду до коагулирования в смеситель или на насосной станции I подъема. При удалении марганца из подземных вод для увеличения фильтроцикла одновременно с раствором КМп04 в обрабатываемую воду рекомендуется вводить активированную кремнекислоту в количестве 3...4 мг/л или флокулянт К-4. В этом случае укрупняются хлопья образующихся при окислении соединений марганца(IV), которые медленнее проникают в фильтрующую загрузку.

2.3.3 Фильтрация через модифицированную загрузку

Метод фильтрации аэрированной воды через загрузку, обработанную оксидами марганца, имеет недостаток, заключающийся в постепенном измельчении частиц, образующих покрытие зерен загрузки, и проскоке их в фильтрат. Попытки исправить этот недостаток заключались в растворении этих частиц до того, как они обрели способность проскакивать в фильтрат, что усложняет процесс очистки воды. Другим недостатком деманганизации фильтрованием через «черный песок» является значительный расход перманганата калия. Для исключения указанных недостатков был запатентован метод деманганизации воды фильтрованием через модифицированную загрузку, приготавливаемую последовательным пропуском снизу-вверх через кварцевый песок растворов железного купороса и перманганата калия, что позволяет достичь экономии последнего.

Для закрепления образующей пленки из гидроксида железа и оксида марганца на зернах фильтрующей загрузки последнюю затем дополнительно обрабатывают тринатрийфосфатом или сульфитом натрия. Обрабатываемая вода фильтруется сверху вниз со скоростью 8-10 м/ч.

2.3.4 Обработка воды озоном или диоксидом хлора

Скорость окисления ионов марганца (II) хлором, озоном, оксидом хлора зависит от величины рН среды. Хлор — сильный окислитель, однако эффект окисления им марганца может быть достаточно полным при значениях рН=8...8,5, что чаще всего требует подщелачивания воды. На окисление 1 мг Mn(II) в Mn(IV) требуется 1,3 мг хлора. Экспериментальные исследования показали, что хлор окисляет марганец(II) при рН=7 за 60... 90 мин всего на 50%. В отсутствие ионов NH_4^+ при рН=8 окисление марганца (II) хлором за 60... 90 мин завершается полностью, остаточное содержание марганца в воде составляет 0,05... 0,1 мг/л. Остаточное содержание марганца в воде, подвергнутой хлорированию и фильтрованию, через 60 мин при исходной концентрации марганца 10 мг/л составило: при рН воды — 9... 5,0 мг/л; при рН 9,45... ~ ...1,3 мг/л; при рН10 — менее 0,02 мг/л, т. е. эффект окисления хлором был намного ниже эффекта окисления кислородом воздуха в присутствии катализатора. Окисление марганца (II) озоном или оксидом хлора(IV) при рН=6,5-7,0 завершается в течение 10-15 мин, при этом расход озона составляет 1,45, а оксида хлора — 1,35 мг/мг марганца(II).

Слабый окислитель (кислород) в присутствии более сильного (хлора) активизируется. Это позволило разработать технологию деманганации воды, сущность которой сводится к глубокой аэрации воды, что влечет за собой повышение рН, обогащение воды кислородом воздуха, окисление железа(II) с образованием гидроксида. Затем в «водяную подушку» фильтра вводится хлор, воздействующий как окислитель и как катализатор окислительного действия растворенного кислорода. В результате в поровом пространстве фильтрующей загрузки формируется гидроксид железа (III), на поверхности которого адсорбируется, а затем окисляется марганец (II). Образующийся оксид марганца (IV) также катализирует процесс окисления марганца(II).

Как показали результаты экспериментов, для осуществления этого метода требуется соблюдение соотношения $\text{Fe}^{2+}/\text{Mn}^{2+}$ — 10. Процесс деманганации воды зависит от ее температуры, рН, окисляемости, присутствия силикатов, соотношения Fe(II)/ Mn(II).

Результаты исследований процессов окисления иона марганца (II) озоном показали, что расход последнего на I мг марганца составил: при концентрации марганца 0,4 мг/л — 2 мг и при концентрации 0,8 мг/л — 4 мг. Объяснить этот факт можно каталитическим разложением озона мелкодисперсной агрегативно-устойчивой взвесью оксидов марганца, образующихся в процессе озонирования воды. Удаление взвеси происходит эффективно после коагулирования и фильтрования. Без коагулирования (просто фильтрованием) взвесь удаляется незначительно. Обнаружено, что взвесь оксидов железа, образующаяся в первую очередь, также является катализатором распада озона. В связи с этим очистку вод, содержащих одновременно большое количество железа (II) и марганца(II), предлагается производить в две стадии (рис. 17.8): на первой осуществляется окисление железа(II) и выделение его из воды, да второй — окисление марганца(II) озоном, коагулирование, отстаивание и фильтрование. Очевидно, что известная громоздкость этой технологической схемы может быть оправдана лишь для водопроводов большой производительности, в основном при заборе воды из поверхностных источников. Несмотря на свою высокую эффективность, озон используют редко из-за высокой стоимости и сложности эксплуатации озонаторных установок.

2.3.5 Удаление марганца методом ионного обмена

Это происходит как при Na, так и при H-NA при фильтровании воды через катионитовую загрузку в ходе умягчения. Метод целесообразно применять при необходимости одновременного глубокого умягчения воды и освобождения ее от железа(II) и марганца (II).

2.4 Выводы

По результатам анализов карьерных вод Султановского рудника было определено, что для дальнейшего использования воды в хозяйственной деятельности, необходимо избавиться от превышения концентрации Mn 0,4 мг/л (4 ПДК). Использование вод с повышенным содержанием марганца для нужд

птицеводческих ферм недопустимо. В связи с этим в качестве метода деманганизации предложено использование глубокой аэрации с добавлением в воду FeSO_4 с последующим фильтрованием, как наиболее подходящий по экономическим и качественным показателям.

3 ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ ВОД ДЛЯ НУЖД НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ВБЛИЗИ СУЛТАНОВСКОГО МЕДНО-КОЛЧЕДАНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

3.1 Анализ нужд населённых пунктов в водоснабжении и основные предложения по использованию карьерных вод месторождения

Ближайшими населенными пунктами к рассматриваемому медно-колчеданному месторождению являются посёлок Новомуслимово, деревни Султаново и Карагайлы.

Деревня Карагайлы в настоящий момент фактически расселена и рассматривать ее в качестве потребителя водных ресурсов неуместно.

В деревне Султаново по состоянию на 2019 год проживает 265 человек, с/х и промышленные предприятия отсутствуют. Наиболее крупным населенным пунктом является посёлок Новомуслимово, с численностью 2764 человека. Новомуслимово является административным центром Муслимовского сельского поселения в которое входят несколько деревень с общей численностью более 5000 человек. В населенном пункте осуществляют свою деятельность несколько с/х предприятий, птицефабрика.

Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения для населения и с/х предприятий района являются скважины. Эти же источники используются для удовлетворения потребности в воде на технологические нужды.

Муслимовское сельское поселение располагается в районе с малым фондом разведанных подземных вод. Регулирование водопользования может стать экономическим инструментом для решения проблемы рационального обеспечения населения питьевой водой. Возможность использования подземных источников совместно с водопроводной системой технической воды для нужд предприятий

сельского хозяйства позволит обеспечить задел на дальнейшее развитие территории и снизить потребление грунтовых вод из существующих скважин. Карта распределения фонда подземных вод в районе месторождения представлена на рис. 1.6

Рисунок 1.6 – Карта распределения фонда подземных вод в рассматриваемом районе

Для осуществления доставки очищенных карьерных вод предлагается устройство водовода от медно-колчеданного месторождения до поселка Новомуслюмово с использованием накопительных емкостей. Очищенные воды карьера предусматривается хранение в наземных резервуарах с последующим использованием на технологические нужды птицеводческой фабрики, на полив проездов посёлка Новомуслюмово и поливку сельскохозяйственных угодий, расположенных вблизи поселения.

3.2 Выбор схемы водовода от Султановского месторождения до потребителей

Трассировка – это расположение водопроводных линий на территории объекта водоснабжения. Выбор трассы производят с учетом топографических и экономических требований, которые предполагают наименьшую стоимость водоводов, обеспечивающуюся кратчайшими путями прокладки к потребителям.

При трассировке сети учитывают планировку застройки; места расположения наиболее крупных потребителей воды; рельеф местности; месторасположение источника водоснабжения и т.п.

Для осуществления доставки подготовленной воды до населенных пунктов предлагается подземная прокладка водовода от Султановского месторождения до поселка Новомуслюмово, с сопутствующим обустройством необходимых инженерных сооружений.

Трубопроводы для транспортировки технической воды состоят из следующих взаимосвязанных, плотно соединенных между собой элементов: труб определенного диаметра, длины, толщины стенки, химического состава материала и качества поверхности; соединительных (фасонных) частей; арматуры, служащей для изменения и регулирования количества транспортируемого вещества; сооружений на сети (например, колодцев). Транспортирование воды к потребителям осуществляется по водоводам (протяженным трубам преимущественно большого диаметра), соединяющим отдельные элементы системы водоснабжения, и водопроводным сетям, распределяющим воду по территории данного объекта.

Основными требованиями, которые предъявляются к водоводам и водопроводным сетям, являются их надежная и экономичная работа в период нормативного срока службы, что достигается правильным выбором трассы водоводов и конфигурации сети, материала и диаметров труб, а также режима их работы. При выборе, отводе и использовании земель под трассы водоводов должны соблюдаться положения земельного законодательства и ряда других нормативных актов.

В соответствии с этими документами водоводы, предпочтительнее прокладывать вблизи дорог с учетом границ землепользования и севооборотов. Если это приводит к значительному удлинению трассы, необходимо технико-экономическими расчетами обосновать ее начертание с учетом дополнительных расходов на временное использование посевных площадей и потраву посевов в случае ликвидации аварий.

Для обеспечения надежной работы системы водоснабжения водоводы прокладывают в одну, две и более нитки. Их целесообразно прокладывать на относительно возвышенных отметках местности с минимальным числом искусственных сооружений и в местах, доступных для эксплуатации и производства ремонтных работ. Для обеспечения заданного уровня снабжения водой потребителей между параллельно уложенными водоводами устраивают

переключения, а вдоль трассы и на территории объекта могут устанавливаться емкости и различного рода трубопроводная арматура.

По способу транспортирования воды водоводы подразделяются на напорные и безнапорные. Перекачка воды по напорным водоводам может осуществляться насосами или в результате разницы пьезометрической отметки уровня воды в источнике и расчетной пьезометрической отметки в месте отбора воды.

Первые водоводы называются нагнетательными; вторые — гравитационными напорными или самотечно-напорными. Безнапорные водоводы (гравитационные или самотечные) работают неполным сечением, Область их применения не столь велика по сравнению с напорными водоводами. Их применение зависит от разности отметок начальной и конечной точек пути подачи воды, рельефа местности, расстояния между узлами подачи и отбора воды. Использование безнапорных труб приводит к уменьшению единичной стоимости таких водоводов по сравнению с напорными. Однако увеличение протяженности трассы из-за необходимости обеспечения требуемых уклонов может привести к возрастанию их общей строительной стоимости

Трубопровод для подачи очищенных вод султановского месторождения предусматривается подземным, с наиболее оптимальным путем прокладки с учетом рельефа местности. Предлагаемая трасса прокладки водовода представлена в приложении Б.

3.3 Основные виды потребления воды. Расчетные расходы воды

Мощность элементов инженерных система водоснабжения устанавливается исходя из предполагаемых нагрузок на эти элементы. Этими нагрузками являются расчетные количества воды, которые элементы должны передавать подать в единицу времени, аккумулировать либо хранить. Основанием для расчета нагрузки служат заданные количества потребляемой воды, режим ее потребления, а также допустимые и необходимые давления в сети.

Выделяют следующие основные категории потребления воды:

- 1) на хозяйственно-питьевые нужды населения;

- 2) на производственные нужды предприятий;
- 3) на поливку и мойку территории населённых пунктов (улиц, площадей);
- 4) на тушение пожаров

Система водоснабжения должна покрывать нужды всего объекта, который обслуживает. Большинство объектов водоснабжения представляет собой совокупность потребителей воды разной категории.

Характерными объектами водоснабжения являются:

- 1) населенные пункты (города или поселки различного типа);
- 2) предприятия или группы предприятий, расположенные вне городской черты;
- 3) сельскохозяйственные объекты (пастбища, с/х предприятия)

Все эти потребители требуют различного объема подачи воды.

Объём воды поставляемый от месторождения складывается из нужд на поливку зеленых насаждений и территории, воды на технологические нужды птицефабрики и орошение с/х культур Новомулюмовского сельского поселения.

а)

Расход на технологическую уборку на птицефабрике принимается согласно [7]

$$Q_{\text{техн}} = K \cdot q ,$$

где K – коэффициент неравномерности водопотребления [внтп];

q – объем воды на уборку помещений и оборудования, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$$Q_{\text{техн}} = 1,6 \cdot 54,5 = 87,2 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расход на полив полевых сельскохозяйственных культур

Расход принимается укрупнено согласно [3].

$$Q_{\text{пол.культур}} = \frac{m \cdot \omega}{T} ,$$

где m – поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$;

ω – площадь, занимаемая культурой, га;

T – поливной период, сут.;

$$Q_{\text{пол.культур}} = \frac{2400 \cdot 2,4}{30} = 192 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расход заданного объема воды производится в летний период равный 3 месяцам, более точно определяемый технологией выращивания культуры и погодными условиями. В связи с этим полученный расход принимается как подаваемый единожды для заполнения резервуаров чистой воды и восполняемый по мере расходования имеющегося запаса.

Расчет диаметра трубы водовода производится на основании расхода воды в трубе и оптимальных значений скорости жидкости в ней. Увеличение диаметра трубы влечёт за собой рост её стоимости, а для прокачки воды через трубу меньшего диаметра необходимо затратить больше энергии на привод насоса.

Расход воды на полив сельскохозяйственных культур носит сезонный характер. Для хранения необходимого объема воды для нужд птицефабрики предлагается применение резервуара РВС-100 и 1 резервуара РГС-100 для хранения воды орошения сельскохозяйственных полей.

Трубы наружного водопровода диаметром меньше 0,05 м, устанавливать не рекомендуется.

Примем трубопровод диаметром Ду100.

Для исключения промерзания трубопровода, минимальную глубину заложения необходимо устанавливать в соответствии с теплотехническими и прочностными расчетами, при этом оно должно превышать глубину промерзания грунта в данной местности не менее, чем на 0,5 м

$$h_{min} = h_{пр} + 0,5 ;$$

где $h_{пр}$ – нормативная глубина промерзания грунта [СП22.13330.2016], м;

$$h_{min} = 1.73 + 0,5 = 2.23 \text{ м} ;$$

3.4 Выбор оптимального типа трубопровода

Водопроводные сети состоят из труб, водопроводной арматуры и смотровых колодцев.

При выборе материала труб, как правило, для напорных водоводов и наружных сетей применяют неметаллические трубы (железобетонные напорные, асбестоцементные напорные, пластмассовые и др.).

Применение чугунных напорных труб допускается для сетей в пределах населенных пунктов, территорий промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Применение стальных труб допускается: на участках с расчетным внутренним давлением более 1,5 МПа; для переходов под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги; в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с сетями водоотведения; при прокладке трубопроводов по автодорожным и городским мостам, по опорам эстакад, в туннелях и в других условиях, где требуется хорошая сопротивляемость динамическим нагрузкам и изгибающим усилиям. Кроме приведенных факторов при выборе материала (и класса прочности труб) берут за основу и такие как результаты статистического расчета, агрессивность грунта и транспортируемой воды, требования к качеству воды [1]. Также учитывают требуемую долговечность труб, экономические и санитарные соображения, геологические и климатические данные.

Стальные трубы для сетей наружного водоснабжения применяют только при соответствующем обосновании в указанных выше случаях. Их выпускают различных сортаментов диаметром до 1600 мм. Стальные трубы соединяют при помощи сварки. Для защиты от коррозии их снаружи покрывают битумной или битумно-резиновой изоляцией, применяют метод катодной защиты.

К достоинствам стальных труб можно отнести их технологичность, высокую прочность, в том числе по отношению к динамическим нагрузкам. При этом они имеют невысокую коррозионную стойкость, склонны к зарастанию внутреннего сечения.

Чугунные раструбные водопроводные трубы и фасонные части к ним выпускают диаметром от 50 до 1200 мм и длиной до 7 м на нормальное давление 1 МПа и на повышенное-1,6 МПа. Внешнюю и внутреннюю поверхности труб в заводских условиях покрывают антикоррозийным битумным слоем, что так же препятствует зарастанию внутреннего сечения.

Чугунные трубы довольно долговечны. К их недостаткам следует отнести высокую металлоемкость, хрупкость по отношению к динамическим нагрузкам.

Асбестоцементные водопроводные трубы выпускают диаметром от 50 до 500 мм на рабочие давления 0,6, 0,9 и 1,2 МПа. По согласованию с производителем могут быть изготовлены трубы диаметром до 1000 мм.

К достоинствам асбестоцементных труб относятся невысокая стоимость, хорошая коррозионная стойкость, легкость, низкую теплопроводность, гладкость стенок. При этом они нестойки по отношению к динамическим нагрузкам, особенно к ударам. Стыковые соединения асбестоцементных труб сравнительно сложны и дороги.

Железобетонные напорные трубы применяют при монтаже наружных водопроводов при условии не агрессивности к бетону как транспортируемых вод, так и грунтовых вод, окружающих трубопровод. Такие трубы выпускают с внутренним диаметром от 500 до 1500 мм. Соединение железобетонных труб раструбное с герметизацией резиновыми уплотнительными кольцами и последующей заделкой стыка цементным раствором.

Железобетонные трубы можно укладывать в грунт на глубину от 1 до 3 м., считая по верху трубы.

Достоинства железобетонных труб –низкая металлоемкость, гладкость внутренних поверхностей и несклонность их к зарастанию, долговечность при соответствующих условиях эксплуатации. Основной недостаток таких труб – большой вес

Из пластиковых труб, применяемых для монтажа наружных водопроводов, чаще используют трубы из полиэтилена или из поливинилхлорида.

Монтаж полиэтиленовых труб осуществляют посредством нагревания стыковых участков, при этом используют фитинги и электросварные муфты. Монтаж труб из поливинилхлорида выполняют с помощью раструбов и резиновых манжет или способом «холодной сварки», т.е. склеивания.

Пластиковые трубы не склонны к зарастанию внутреннего сечения, имеют высокую коррозионную стойкость и поэтому длительный срок эксплуатации, имеют невысокую стоимость, малое гидравлическое сопротивление и небольшую массу, удобны в монтаже.

Благодаря эластичности и упругости, трубопроводы из ПЭ обладают высокой устойчивостью к гидравлическим ударам, которые очень опасны для трубопроводов из традиционных материалов, характеризующихся большой жесткостью. Это обусловлено тем фактом, что величина гидравлического удара и частота колебаний при его распространении зависят от сжимаемости жидкости и эластичности стенок трубы. Скорость распространения гидравлического удара в трубах из ПЭ значительно ниже, чем в трубах из ковкого чугуна и стали (обычно 250-450 м/сек против более 1000 м/сек*). Величина гидравлического удара прямо пропорциональна скорости распространения ударной волны. Таким образом, эластичные и упругие ПЭ трубы обладают значительно большей устойчивостью к гидравлическим ударам, чем трубы из стали и ковкого чугуна

Наружные сети из полиэтиленовых труб рекомендуется прокладывать подземно, т.к. при надземной прокладке требуется защита трубопровода теплоизоляционными материалами для предотвращения замерзания транспортируемого вещества при отрицательных температурах воздуха и чрезмерного нагрева стенок труб при воздействии солнечной радиации и повышенных температур воздуха

Для осуществления подачи воды с Султановского медно-колчеданного месторождения предлагается использование трубы ПНД Ду100

3.5 Прокладка водовода под руслом реки

Согласно [7] Дюкер — напорный участок трубопровода, прокладываемый под руслом реки (канала), по склонам или дну глубокой долины (оврага), под дорогой, расположенной в выемке

Дюкеры (напорные водоводы) устраивают на каналах и водотоках, когда препятствия (реки, каналы, суходолы, селевые русла, железные и шоссейные дороги) расположены на том же или на близком уровне или когда нет возможности выдержать необходимые габариты при строительстве акведука (например, при пересечении с судоходной рекой). При пересечении каналом (водотоком) глубоких и широких рек, долин, оврагов строительство дюкера может быть экономически выгоднее строительства акведука, главным образом за счет стоимости опор.

Для уменьшения длины дюкера предлагается трассировать его под прямым углом к р. Теча. В месте пересечения двух каналов дюкер устраивают на канале с меньшим расходом.

К основным частям дюкера относят входной и выходной оголовки, напорные трубопроводы, анкерные и промежуточные опоры и участки сопряжения с каналом. Ремонтные затворы, решетки, служебные мостики, перильные ограждения, водовыпускные патрубки, контрольные люки, компенсаторы — все эти элементы являются вспомогательными частями дюкера. Конструктив дюкера представлен на рисунке 3.1

В местах резкого поворота оси трубопровода, а также на прямолинейных участках, где это необходимо по расчету, устанавливают анкерные опоры (через 150... 180 м). Они бывают двух видов: открытого и закрытого. В анкерной опоре закрытого типа трубопровод заделывают в массивную кладку опоры на всю длину криволинейного участка. В опоре открытого типа для анкеровки трубы применяют специальные конструктивные элементы (тяги), которые своими нижними концами заделывают в массив опоры. Тип опоры выбирают в зависимости от местных условий. На углах поворота оси трубы в плане и в разрезе анкерные опоры открытого типа не применяют. В этих случаях наиболее целесообразны опоры закрытого типа.

Выполняют дюкеры из бетона, железобетона, стали, дерева, пластмассы. Выбор материала определяется действующим напором. Так, бетонные дюкеры устраивают при напорах до 3 м, железобетонные — 50 м, а из предварительно напряженного железобетона — до 100 м. Стальные дюкеры практически не имеют предела по напору. Деревянные дюкеры возможны при напорах 20–30 м, однако их применение ограничено недолговечностью.

В местах укладки крупных и длинных железобетонных дюкеров на пологих склонах местности устраивают застенный дренаж для отвода фильтрационной воды. Дренаж укладывают в пазухах трубы.

Наименьшее расстояние между уложенными трубами на уровне их центров принимают: при диаметре до 1000 мм и двух нитках — 0,8 м, 1000...2000 мм — 0,9

м, свыше 2000 мм — 1,0 м. Если количество ниток трубопровода три и более, то расстояние между ними принимают не менее диаметра трубы.

Радиусы закруглений труб из сборных элементов зависят от диаметра, длины готовых звеньев и конструкции стыка. Минимальные радиусы закруглений при монолитном исполнении принимают не менее пяти диаметров труб независимо от материала, из которого они изготовлены.

Длина дюкера должна быть минимальной за счет устройства, подводящего и отводящего участков канала в насыпи. Переход от насыпи к дюкеру определяется на основании технико-экономического сопоставления.

Поперечные сечения труб дюкера могут быть круглыми и прямоугольными. Наиболее распространено круглое сечение труб. Оно выгодно как по расходу материала, так и с точки зрения статического и гидравлического расчета.

Асбестоцементные, керамические и пластмассовые трубы подвержены разрушению от ударов, поэтому при укладке их заглубляют. Стальные трубы укладывают на опорах выше поверхности земли не менее чем на 0,6 м, так как они подвержены коррозии. Железобетонные трубы можно заглублять, укладывая над поверхностью земли или непосредственно на земле. Заглубленные в грунт или обсыпанные грунтом трубы находятся в более благоприятных температурных условиях по сравнению с незаглубленными. Если трубы дюкера проходят под каналом или естественным водотоком, то слой грунта над верхом труб дюкера принимают не менее 1...1,5 м. Предельное заглубление в грунт определяется глубиной возможного размыва дна русла или канала, а также прочностью трубы согласно установленным нормам.

Если трубы дюкера расположены над водотоком, проходящим через овраг, то их укладывают на эстакаду.

Для предотвращения образования вихревой воронки на входе воды в дюкер верхнюю кромку трубы заглубляют под уровень воды в подводящем канале не менее чем на $1,5(a^2/2g)$ или на $0,6a$, где a — линейный размер сечения трубы дюкера на входе (по вертикали).

Сопряжение оголовков дюкеров с каналом выполняют в виде стенок: обратных, ныряющих или с косыми плоскостями. Задача оголовков — обеспечить плавный вход потока из канала в трубы (входной оголовок) и плавное сопряжение выходящего из труб потока с отводящим каналом. В начале входного и в конце выходного оголовков иногда закладывают шпунтовую стенку, чаще зуб, для предотвращения возможной фильтрации. Очень полезно дренирование склона с отводом дренажных вод в нижерасположенное русло (как это делается в акведуках). Шандорные пазы предусматривают на входном и выходном оголовках каждой трубы, чтоб иметь возможность отремонтировать одну из труб в случае необходимости. Для защиты труб от плавающих тел входной оголовок оснащают решеткой. Входной и выходной участки дюкера оборудуют служебными мостиками и ограждают перилами.

Если уровень воды в начале трубы располагается ниже уровня воды подводящего канала, то в трубе обычно образуется гидравлический прыжок, сопровождаемый толчками, вибрацией. Это нарушает спокойную работу сооружения и снижает прочность и устойчивость сооружения. При пропуске малых расходов через длинные дюкеры в трубах также возникает прыжок. Для предотвращения этого явления предусматривают:

- 1) повышение уровня воды в трубе путем установки спиц на выходе из трубы; устройство водобойного колодца перед входом в трубу (прыжок затопливается в начале трубы);
- 2) понижение дна входа в трубу на небольшую величину (рекомендуется делать, когда уровень воды начального участка трубы близок к уровню дна подводящего канала).

В последних двух случаях возникновение кривой спада, приводящее к некоторому увеличению скоростей в подводящем канале, не опасно, так как при малых расходах (меньше расчетных) скорости не превосходят расчетные.

Для опорожнения дюкера на время ремонта в пониженной части его труб предусматривают отверстия.

В небольших малонапорных сооружениях входная и выходная части дюкера могут быть выполнены в виде вертикальных шахт и колодцев (см. рис. 3.15, а). В этом случае отметку дна входной и выходной шахт заглубляют по отношению к донной части горизонтальной трубы. В этих углублениях откладываются наносы, попадающие в дюкер с водой.

При укладке труб дюкера в сильнопросадочных или набухающих грунтах необходимо проводить расчеты на неравномерную деформацию сооружения и основания. При недопустимых деформациях следует предусматривать соответствующие мероприятия (предварительная замочка основания, проектирование дюкеров из стальных труб и т.п.). В районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов, подверженных морозному пучению, проводят теплотехнические расчеты основания и проверки элементов дюкера на воздействие сил морозного пучения. Применения дюкеров в районах вечной мерзлоты и глубокого сезонного промерзания при отсутствии соответствующих обоснований следует избегать.

Дюкеры круглого сечения рассчитывают как трубы, прямоугольного сечения — как замкнутые прямоугольные рамы. В трубах, укладываемых большими звеньями, следует учитывать напряжения, возникающие при их укладке (от кручения и изгиба) и засыпке грунтом. Специфика работы труб во время строительства требует железобетонных труб не только с поперечной, но и с достаточно сильной продольной арматурой.

В открытых дюкерах круглого сечения статическому расчету, как правило, подвергают трубы и опоры. Все нагрузки и воздействия на трубы и опоры в зависимости от направления по отношению к оси труб дюкера делят на осевые, нормальные, вертикальные, горизонтальные и радиальные. Для определения каждой из перечисленных сил пользуются расчетными зависимостями, применяемыми в расчетах напорных трубопроводов.

В засыпанных дюкерах следует учитывать трение труб о грунт на наклонных участках дюкера и проводить проверку на давление грунта в случае полного опорожнения дюкера.

Статический расчет стенок входного и выходного оголовков дюкера проводят в зависимости от принятой конструкции либо по схеме расчета подпорных стенок, либо по схеме расчета доковых конструкций. В расчетах за нормативный температурный перепад принимают разницу между максимально и минимально возможной температурой стенок в период эксплуатации и наименьшей и наибольшей температурой, при которой фиксируется расчетная схема трубопровода (замоноличивание швов бетонных дюкеров, установка компенсаторов и сваривание захлестов в металлических трубах).

3.6 Выводы

Для доставки очищенных вод с Султановского месторождения предложено использование труб ПНД диаметром 90мм с применением модульных насосных станций повышения давления и модульной водозаборной станции. Подобран наиболее оптимальный режим хранения воды в емкостях с пополнением их объема в соответствии с расходом на технологические нужды птицефабрики и полив с/х угодий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ имеющейся информации и проведенные полевые и лабораторные исследования показали, что территория, прилегающая к Султановскому месторождению, является вододефицитной. В данный момент местное население пользуется грунтовыми водами колодцев, как для питьевого, так и хозяйственного водоснабжения, что не относится к водосбережению.

Следовательно, рассмотрение в перспективе карьерных вод в качестве резерва хозяйственного водоснабжения населенных пунктов, расположенных на территории рядом с горными предприятиями остается актуальным.

Проведение полевых геоэкологических и лабораторных исследований, направленных на выявление качественных показателей карьерных вод Султановского медно-колчеданного месторождения, показало превышение ПДК по марганцу в 4 раза, рН 6,7.

Для использования карьерных вод для хозяйственных нужд поселков Новое Муслюмово и деманганаии усиленной аэрацией с последующим фильтрованием.

В ГИС SAS Planet выполнен укрупненный проект прокладки водовода от карьера до поселков Султановка, Новое Муслюмово и птицефабрики.

Научная новизна работы: изучены методы деманганаии карьерных вод, приведена характеристика существующего положения водных объектов на Султановском медно-колчеданном месторождении

Практическая значимость работы заключается в возможности выноса в натуру трассы водовода, а также результат

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водный кодекс РФ от 03.06.2006 №74-ФЗ
2. Фрог Б.Н., Водоподготовка. Учебное пособие / Б.Н. Фрог. –М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006.-656с.
3. СП 31.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. наружные сети и сооружения. Госстрой России. -М.: ГУП ЦПП, 1998.-128с
4. ВНТП-Н-97 Нормы расходов потребителей систем сельско-хозяйственного водоснабжения. Инженерный НПЦ по водному хозяйству, мелиорации и экологии Союзводпроект.
5. СанПиН 2.1.4.1074 – 01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

6. Бабенко, И.И. Водоснабжение животноводческих ферм / И.И. Бабенко. - М.: Огни, 2000. - 287 с.
7. Кулаков В.В., Закономерности распространения железа и марганца в подземных водах Приамурья. Сборн. научн. Статей Гидрогеохимия региона Байкало – Амурской магистрали. Ленинград, ВСЕГЕИ, 1982, с. 22 - 28.
8. Общая химия / Шилов Ю.М., Смушкевич Ю.И., Чукуров П.М., Тарасенко М.И. - М., 1993 г.
9. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990.
10. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 1987. - 479 с.
11. Кожин, В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. М.: Стройиздат, 1971. - 303 с..
12. Абрамов Н.Н., Расчет водопроводных сетей./Н.Н. Абрамов — М.: Стройиздат, 1983. — 304 с.
13. Шевелев Ф.А., *Шевелев А. Ф.* Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. — М.: Стройиздат, 1984. — 116 с..
14. Яковлев С.В., и др. Рациональное использование водных ресурсов / С.В. Яковлев -М.: Стройиздат, 1991
15. Карты гидрогеологического районирования и бассейнов регионального и субрегионального подземного стока зон свободного водообмена территории РФ масштаба 1:2500000, ВСЕГИНГЕО, Госцентр «Геомониторинг», 2001.
16. Отчет «Ведение годового цикла мониторинга Султановского месторождения медно-колчеданных руд в Кунашакском районе Челябинской области». ОАО «Челябинскгеосъемка», г. Челябинск, 2012.
17. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. Издательство стандартов: 1981.
18. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* Госстрой России. -М.: ГУП ЦПП, 1998. -128с

