

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т.А.Кулагина
подпись
« _____ » _____ 2018 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.01. - «Техносферная безопасность»

Двухъярусный накопитель промстоков в Республике Саха(Якутия)

Пояснительная записка

Научный руководитель _____ проф, док.техн.наук. Г.И. Кузнецов
подпись, дата

Выпускник _____ А.В. Скрябина
подпись, дата

Консультанты по разделам:

Нормативно-правовая база _____ С.В. Комонов
подпись, дата

Нормоконтролер _____ С.В. Комонов
подпись, дата

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Природоохранные гидротехнические сооружения в Якутии.....	5
1.1 Природно-климатические факторы	5
1.2 Общие сведения.....	10
1.3 Дамбы мерзлого типа	24
1.4 Дамбы талого типа.....	25
1.5 Накопители на вечномерзлых основаниях.....	26
2 Опасные ситуации при эксплуатации гидросооружений	47
2.1 Причины возникновения опасных ситуаций.....	47
2.2 Пример эксплуатации хвостохранилища.....	48
3 Расчет жидкостного термосифона (применительно к нижней дамбе каскадного накопителя)	52
4 Система мониторинга накопителя.....	64
5 Водосброс осветленной воды из верхней секции	73
6 Нормативно-правовое обоснование предлагаемых технических решений	80
Заключение.....	98
Список использованных источников.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Определенные особенности климатических и инженерно-геологических условий криолитозоны требуют, непосредственно, особенного подхода к проектированию, строительству и эксплуатации гидротехнических сооружений.

Ввиду определенных региональных особенностей среди гидротехнических сооружений, построенных на вечномерзлых грунтах высок процент возникновения аварийных, опасных ситуаций. Опасные ситуации происходят, в большинстве случаев, из-за недостаточности информации о процессах, происходящих в грунтах в створе сооружения, прогноза их развития, а также из-за несвоевременного принятия инженерно-технических решений при возникновении именно таких ситуаций. Одним из основных факторов, ведущих к авариям, а иногда и к разрушению гидротехнических сооружений является фильтрация воды сквозь тело плотины, под её основанием или через боковые примыкания тела плотины к береговым склонам.

Большинство опасных ситуаций можно было избежать, если бы была возможность своевременного информирования о процессах, происходящих в теле и основании плотин и дамб, и существовали незамедлительные способы контроля и оценки состояния сооружения.

Наиболее актуальный путь снижения аварийности гидротехнических сооружений заключается в ранней проверке проявления негативных процессов или «подготовки» условий к их проявлению и принятию предохранительных инженерных мер по их предотвращению. Для решения задач построения эффективной системы контроля гидротехнических сооружений, равным образом, требуются знания о механизмах образования опасных ситуаций, основы к их появлению и признаков, предшествующих их развитию [11].

Необходимость настоящей работы определяется:

- Ростом строительства гидротехнических сооружений на Крайнем Севере. Только за последние 15 лет построено и введено в эксплуатацию 2 гидроузла хозяйственно-питьевого назначения, 4 накопителя промышленных отходов и несколько низконапорных плотин;

- Старением гидротехнических сооружений. Например, в АК «АЛРОСА» срок эксплуатации некоторых сооружений насчитывает 30-45 лет;

- Предельным состоянием большого количества гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в районах Крайнего Севера. В Западной Якутии практически каждый год фиксируются нештатные ситуации, тратится до сотен миллионов рублей на ремонтно-восстановительные работы;

- Недостаточными разработками по созданию нормативно-методической базы проектирования, строительства и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений, учитывающей условия Крайнего Севера.

Вопреки тому, что за последние 50 лет в районах с суровым климатом построено немалое количество гидротехнических сооружений, достаточный опыт их проектирования, строительства и эксплуатации пока еще слабо изучен и недостаточно учитывается в современных условиях.

Из практического опыта эксплуатации грунтовых гидротехнических сооружений в криолитозоне, серьезные аварийные ситуации на значительном большинстве объектов были вызваны бесконтрольным развитием теплофизических, криогенных и фильтрационных процессов, происходящих в сооружении в результате отсутствия всеобщего мониторинга безопасности. При обоснованной организации системы мониторинга и оперативного анализа данных устраняются опасные ситуации. А также существует значительный резерв снижения эксплуатационной стоимости и повышения надежности за счет перехода от дорогостоящих ремонтно-восстановительных работ к ранней диагностике состояния сооружений, и принятию превосходящих появление опасной ситуации инженерно-технических

решений.

1 Природоохранные гидротехнические сооружения в Якутии

1.1 Природно-климатические факторы

Усвоение северных районов страны определяется двумя основными факторами: возможностью получения в достатке воды и расположением месторождений полезных ископаемых. Поэтому большая часть предприятий и населенных пунктов располагаются рядом с крупными поверхностными водоисточниками. На практических условиях такие благоприятные ситуации встречаются редко, а возможности переброски больших расходов воды или использования подземных вод в криолитозоне труднореализуемы. Поэтому, для того, чтобы решить вопрос водоснабжения создаются искусственные водоемы – водохранилища, пруды накопителей и т.д.

Климатические условия региона весьма суровы. Климат резко-континентальный с холодной продолжительной зимой, коротким летом и кратковременными периодами весны и осени. Многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет минус 11 градусов (здесь и далее температуры указаны в °С). При этом абсолютная амплитуда колебаний температуры достигает 100 градусов (от минус 60 зимой до плюс 40 летом). Средняя продолжительность морозного периода 250 суток в году. Переход среднесуточной температуры через 0 весной происходит в начале июня, осенью в конце сентября. Среднегодовая сумма осадков составляет 346 мм. Снежный покров держится 240-270 дней в году. К началу снеготаяния высота снежного покрова на закрытых участках достигает 60-70 см. Среднегодовая скорость ветра составляет 2,5-4,4 м/с, отдельные порывы достигают 35 м/с. Большая скорость ветра вызывает метели и снежные заносы, при этом происходит перераспределение и уплотнение снега. Маломощный и плотный снежный покров способствует сохранению вечной мерзлоты [1].

Большинство рек Севера отличаются тем, что годовой сток по сезонам является неравномерным. Вследствие преимущественно снегового питания и поверхностного стока расходы рек в течение зимнего периода составляют 2-3% годового стока, весной и летом они возрастают до 96-98%. Низкая зимняя межень сменяется высокими весенними и летно-осенними пика паводков, максимальные паводковые расходы превосходят минимальные в сотни, а иногда и тысячи раз. В летний и осенний периоды возможны многократные повышения уровней за счет дождевых паводков, что значительно осложняет ведение работ в руслах рек и на низких пойменных участках. Тяжелые весенние ледоходы характеризуются высокими ледяными заторами и подъемами воды.

Гидрологический режим естественных водотоков характеризуется следующими особенностями:

- паводковые стоки имеют большой расход, но относительно низкую температуру (плюс 0,1-5 градусов), малые же меженные летние стоки имеют высокую до плюс 10-20 градусов температуру;
- средняя продолжительность паводкового периода составляет 15-25 дней;
- наличием под руслами рек сквозных или замкнутых таликов;
- промерзанием до дна неглубоких рек и ручьев, часто с перемерзанием подрусловых таликов;
- значительными потерями объема водоемов на льдообразование (толщина льда достигает 2 м).

Исключительность гидрологического режима рек обуславливают выбор схемы пропуска строительных расходов и перекрытия рек и, в итоге, определяют выбор типа и компоновки гидротехнического сооружения.

Мерзлотно-грунтовые условия речных долин весьма сложны: на пойменных участках и склонах грунты мерзлые, под руслом рек талые. В зависимости от характеристик грунта и мощности водотока подрусловые

талики значительно различаются по глубине от 8 до 16% от ширины водотока. Температурный режим и криогенное строение береговых склонов зависят от их экспозиции: на южных склонах температура грунтов на 2-3 градуса выше, чем на северных, так же различается и их льдистость.

Необычностью данной климатической зоны является повсеместное распространение многолетнемерзлых грунтов на глубину более 500 м. Глубина сезонного оттаивания изменяется от 0,2 до 3 м и зависит от экспозиции склонов, литологии слагающих их пород, характера растительного покрова.

Инженерно-геокриологическое строение оснований в створах рассматриваемых гидротехнических сооружений, представлено в основном многолетнемерзлыми породами со следующими характерными особенностями [1,6,8]:

1. Мерзлые грунты при оттаивании существенно изменяют строительные свойства. Опыт строительства и эксплуатации водоподпорных сооружений на мерзлом основании выявил, что недоучет изменения свойств мерзлых пород при оттаивании вызывает негативные последствия. При вскрытии почвенно-растительного слоя и разработке грунтового массива происходит резкое изменение его температурного режима. Грунты, ранее постоянно находившиеся в мерзлом состоянии, в результате изменений в процессе строительства их температуры и попеременного промерзания – оттаивания подвергаются интенсивному выветриванию;

2. Мерзлые скальные породы, характеризующиеся значительной трещиноватостью, льдонасыщенностью и пониженной прочностью в верхней выветренной зоне. При оттаивании изменяются естественный температурный режим и криогенное строение скалы и это, непосредственно, обуславливается осадками и увеличением водопроницаемости. По мере накопления опыта строительства и эксплуатации гидросооружений на Севере выявлено, что проницаемость оттаивающих пород может быть на 2-3 порядка выше, чем проницаемость пород подруслового талика. Это связано с тем, что в мерзлых

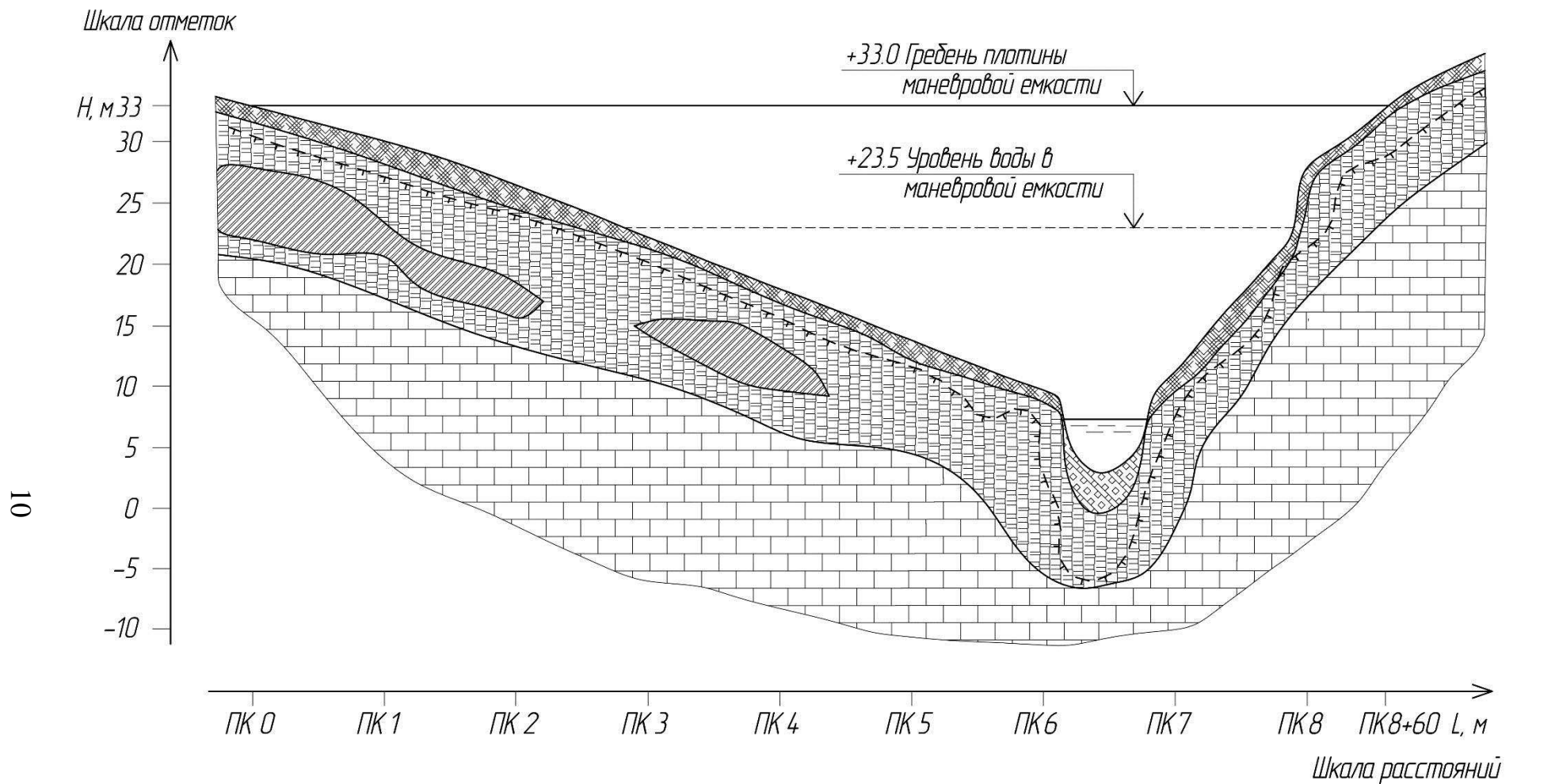
скальных породах береговых примыканий в процессе промерзания-оттаивания происходят криогенные процессы, которые ведут к растрескиванию скального массива, нарушению сплошности и расширению швов между отдельными блоками. Значительную опасность при этом представляют широко раскрытые трещины, заполненные льдом;

3. Мерзлые рыхлые, нескальные и высокольдистые отложения наибольшей мощности (часто с крупными включениями подземного льда), характеризующиеся существенной величиной осадки, режимом снижения прочности и несущей способностью при оттаивании;

4. Мерзлотные явления, включающие термокарст; наледи; морозобойные трещины и морозное пучение; солифлюкцию, термообразию; сезонное оттаивание и др.;

5. «Морозные» грунты, в частности скальные породы залегающие на крутых склонах речных долин, промерзание которых происходило в условиях неполного водонасыщения, имеют открытую трещиноватость, приводящую к фильтрации;

6. Трещиноватые скальные породы и нескальные грунты под руслами рек с наличием сквозного или замкнутого талика (часто фильтрующего).



Условные обозначения








- | | | |
|--|--|--|
|  Почвенно-растительный слой |  Лёд |  Граница оттаивания к началу заполнения емкости |
|  Аллювиальные отложения |  Мерзели, льдистость 10-20% | |
|  Доломиты трещиноватые |  Вода | |

Рисунок 1.1 - 1 еологический разрез в створе плотины маневровой емкости хвостохранилища

1.1 Общие сведения

Опыт строительства гидротехнических сооружений в Северной зоне для хозяйственно-промышленных нужд показывает [4,5,8,11], что выбор типа плотины, конструктивных специфик противофильтрационных устройств и сопряжения плотины с основанием, береговыми склонами и водосбросными сооружениями, по большей части, определяются гидрогеологическими условиями площадки и теплофизическим состоянием грунтов системы «плотина – основание», которое формируется в процессе строительства и длительной эксплуатации сооружения.

Создание гидротехнических сооружений на Севере вносит значительные изменения в природные гидрологические и геокриологические условия площадок их расположения. Возникновений после заполнения водой емкости водохранилища или прудка хвостохранилища теплообмен между этими «аккумуляторами» тепла и сооружениями и их основаниями способствуют оттаиванию многолетнемерзлых пород, оживлению подрусловых таликов, вытаяванию погребенных льдов, формированию процессов фильтрации и вызывает другие криогенные процессы. В свою очередь, фильтрация воды увеличивает интенсивность теплообмена и оттаивания мерзлых грунтов. Значительную роль в формировании фильтрационно-термического режима гидротехнических сооружений оказывают подрусловые фильтрующие талики. Они наряду с водоемами являются мощными источниками тепла. При повышении расхода и температуры фильтрационного потока в таликах возникают опасные очаги развития термокарста, термоэрозия и термопросадочные деформации.

Для грунтовых подпорных сооружений (плотин, дамб), возводимых и эксплуатируемых в сложных природно-климатических и инженерно-геологических условиях Крайнего Севера, характерны следующие особенности:

— наличие мерзлых и талых зон в теле и основании сооружения, образовавшихся в процессе строительства и эксплуатации;

— гребни и низовые упорные призмы плотин подвержены годовым циклам промерзания-оттаивания под воздействием температур атмосферного воздуха;

— наличие многолетнемерзлых пород в основании сооружений, чаще всего представленных различными по литологии и водопроницаемости грунтами, определяет неравномерное их оттаивание и, как следствие, деформации и фильтрацию в основании.

При строительстве и эксплуатации талых плотин допускается оттаивание мерзлых грунтов основания и тела плотины, если она промерзла в процессе возведения или была возведена из мерзлых грунтов и допускается фильтрация воды в расчетных значениях. Водоупорность плотин этого типа обеспечивается различными устройствами (ядро, экран, диафрагма, понур и т.д.). По конструкции северные талые плотины мало отличаются от грунтовых плотин других регионов, но при этом нужно учитывать глубокое зимнее промерзание плотины с поверхности, которое может привести к развитию различных криогенных процессов (пучение, морозобойное растрескивание и др.) и, как правило, к деформациям тела и основания сооружения.

Примером строительства и эксплуатации талой плотины на Северо-западе Якутии является плотина маневровой емкости одного из хвостохранилищ.

В мерзлой плотине гидравлическая связь бьефов исключена, так как противofильтрационное устройство и основание под ним всегда мерзлые, что обеспечивает их водопроницаемость. При этом верховая упорная призма плотины – талая, как и грунты основания под ней, которые оттаивают при эксплуатации сооружения. Таким образом, водоупорные свойства мерзлой плотины определяются водонепроницаемостью противofильтрационного

устройства, зависящей от его температурного режима. Противофильтрационная надежность мерзлой плотины, обеспечивается мерзлотной завесой, которая при нарушении и возникновении вследствие этой фильтрации может привести к разрушению сооружения. Таким образом, основным принципом строительства мерзлых плотин является применение водоупорных свойств мерзлых грунтов.

Нефильтрующие мерзлые плотины позволяют максимально использовать мерзлотно-грунтовые и климатические условия района, т.к. при этом возможна эксплуатация гидроузла без потерь воды на фильтрацию, что особенно важно в случае, когда сток зимой совершенно прекращается и пополнение водохранилища не происходит. В этом случае наиболее проверенным водоподпорным сооружением признана плотина мерзлого типа с ядром из связных грунтов, в которой зона постоянно мерзлого грунта занимает среднюю и низовую часть плотины, а зона постоянно талого грунта – верховую призму. Верховую призму плотины следует рассматривать как теплоизоляцию, предохраняющую мерзлое ядро от оттаивания, при этом наиболее льдистые грунты (более 20%) из-под верховой упорной призмы должны быть удалены.

Как поясняет опыт эксплуатации плотин на вечной мерзлоте, возникшая из-за оттаивания основания или тела плотины фильтрация без применения специальных мер, как правило, не прекращается.

Наиболее слабым местом северных гидроузлов являются водосбросные сооружения, именно они чаще всего подвержены разрушающим деформациям, которые связаны с возникновением фильтрации в основании и бортах водосбросов в результате оттаивания мерзлых льдистых грунтов [2,5].

Конструкция водосбросных сооружений и условия сопряжения бьефов должны назначаться с учетом изменения физико-механических свойств грунтов в процессе оттаивания. Поэтому прогноз температурного режима грунтов в бортах и основании сооружения на стадии проектирования является обязательным и выбор конструкции водосброса производится с

учетом мероприятий по тепловой и противодиффузионной защите плотины от влияния водосбросного сооружения.

В зависимости от условий эксплуатации и назначения гидроузла водосброс может находиться под напором постоянно или только в период паводков и летних сбросов. В сооружениях, работающих короткий период, диффузионная устойчивость обычно обеспечивается сезонно-мерзлым поверхностным слоем грунтов.

Для водосбросов, находящихся под постоянным напором, выбирается либо талый, либо мерзлый варианты обеспечения диффузионной и статической устойчивости. Для талого варианта диффузионная устойчивость обеспечивается таким же инженерно-техническими мероприятиями, как и для сооружений вне криолитозоны, связанных с выполнением большого объема грунтовых, цементационных и других работ, но осложненных процессами вытаявания льда, значительными просадками грунтовых массивов и организации водоотлива. Для мерзлого варианта противодиффузионная преграда должна находиться в мерзлом состоянии на протяжении всего периода эксплуатации. Сохранение грунтов основания и противодиффузионного элемента в мерзлом состоянии чаще всего достигается с помощью сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ), в частности, термосифонов.

Конструкция головной части водосброса должна полностью исключить диффузию воды из водохранилища. При пропуске воды по каналу не должно быть инфильтрации в основание борта на тех участках, оттаивание которых может привести к соединению с таликом ложа водохранилища.

Одним из вариантов управления температурным режимом мерзлых грунтов основания водосброса является проходная потерна, расположенная под дном и в бортах канала, и ряда замораживающих колонок, заглубленных из потерны в основание.

Главными конструктивными элементами, обеспечивающих водонепроницаемость мерзлой плотины, являются водопорные элементы из

искусственно замороженных грунтов (поры которых заполнены льдом). По большей мере это ядро из связных грунтов, которое соединяется с основанием посредством зуба, прорезающим толщу рыхлых поверхностных отложений до вечномерзлых коренных пород.

Ядро плотины рекомендуется возводить из уплотненного талого связного грунта, способного удерживать в порах воды, необходимую для последующего промораживания его с образованием льдогрунтовой завесы, мерзлое состояние которой поддерживается с помощью термосифонов. Промороженный грунт ядра не допускает наличия в нем трещин и пустот, а также зон сыпучих материалов.

Прочность мерзлых грунтов зависит от температуры. При этом естественный температурный режим грунтового массива может быть изменен за счет изменения условий теплообмена на его поверхности и искусственного отвода тепла конвекцией из массива. Искусственное охлаждение грунтов допускает предположение использовать естественный холод – низкие отрицательные температуры атмосферного воздуха в зимнее время. Предприимчивое управление температурным режимом грунтов системы «плотина-основание» может быть достигнуто с помощью использования СОУ различного типа [3,7,9].

Наибольшее применение в северном гидростроительстве получили воздушные и жидкостные СОУ с принудительной, а также жидкостные и парожидкостные СОУ (термосифоны) с естественной конвекцией теплоносителя.

До последнего времени широкое распространение в практике имели воздушные замораживающие системы (ВЗС), теплоносителем в которых служит холодный атмосферный воздух. ВЗС установлены и эксплуатируются на плотинах, построенных в 1960-1975 годы. Замораживание грунта осуществляется через колонки, погружаемые в заранее пробуренные скважины, отдельные колонки соединяются с воздухопроводом, через которые

вентилятором нагнетается холодный воздух. ВЗС разделяются на одноколлекторные и двухколлекторные.

Конструкция двухколлекторной ВЗС включает в себя: вентилятор, подводящий и отводящий коллекторы (в одноколлекторной только подводящий), замораживающие колонки коаксиальной конструкции (труба в трубе) и соединительные патрубки. Наружная труба герметично закрыта снизу, а внутренняя труба не доходит до дна на 0,5-1,0 м. Холодный воздух может подаваться во внутреннюю трубу и отводиться из нее по кольцевому каналу или наоборот, охлаждая при этом прилегающий к колонке грунт.

СОУ с естественной конвекцией теплоносителя представляют собой активные тепловоды, перенос тепла в которых осуществляется теплоносителем, движущимся из зоны нагрева в зону охлаждения и обратно под воздействием разности температур и гравитационных сил. Если перенос тепла в термосифонах осуществляется без фазовых превращений теплоносителя, их именуют конвективными, а если теплоноситель претерпевает фазовые превращения в нагреваемой и охлаждаемой частях термосифона, это испарительные или двухфазные.

Конструкция жидкостного термосифона включает два теплообменника – грунтовый и наружный. Грунтовый теплообменник устраивается по принципу коаксиальной замораживающей колонки. Конвективный термосифон заполнен незамерзающей при температуре до минус 60 градусов жидкостью (керосин, раствор этиленгликоля, дизельное топливо «Арктика» и др.). Движение жидкости осуществляется вследствие разной плотности жидкости при разных температурах грунта и наружного воздуха. Для управления встречными потоками теплоносителя на границе грунтового и наружного теплообменников устраивается делитель потоков. В настоящее время использование конвективных термосифонов широко распространено в Якутии.

Многолетний опыт эксплуатации различных типов СОУ раскрыл некоторые недостатки воздушных и жидкостных терморегулирующих устройств:

— эксплуатация воздушных СОУ довольно сложна и дорога (большое количество трубопроводов, эксплуатация электрических и механических систем вентиляторов, затраты на электроэнергию, консервация-расконсервация и т.д.), а надежность их недостаточна, так как внутренняя часть колонок постепенно покрывается инеем и конденсационным льдом и очистка их очень трудоемка;

— предельная глубина жидкостных СОУ не в состоянии превысить величину 40-50 м. Движущая сила циркуляции (гидравлический напор, образованный разностью плотностей «горячей» и «холодной» жидкости) в значительной степени теряется за счет нагрева нисходящего «холодного» потока от восходящего «горячего». На предельной глубине температура нисходящего потока приближается к температуре замораживающего грунта настолько близко, что замораживание его сезонным холодом на этой глубине становится практически невозможным. Максимальная глубина установки жидкостных термосифонов, используемых в рассматриваемом регионе составляет 36 м.

— возможна случайная утечка жидкого хладоносителя (керосин, соляной рассол, антифриз) в окружающий грунт, ведущая к нарушению замораживающего процесса и загрязнению территории.

В последние годы все большее распространение при замораживании грунтов, в том числе для замораживания глубоких (до 100 м) горизонтов основания, получили испарительные термосифоны. Они обладают высокой теплопередающей способностью и, следовательно, высокой эффективностью охлаждения.

Конструкция испарительного термосифона с пленочным течением теплоносителя включает два теплообменника – грунтовый (испаритель) и

наружный (конденсатор). Грунтовый теплообменник представляет герметичный трубчатый корпус, в полости которого создан вакуум. Полость заполнена дозированным количеством теплоносителя (аммиак, пропан, хладон и др.), который находится в виде пленки, покрывающей ее внутренние стенки внешней трубы.

В зимнее время пары рабочего вещества в наружном теплообменнике охлаждаются, конденсируются и конденсат пленкой стекает по стенке трубы вниз. В грунтовом теплообменнике жидкая пленка воспринимает тепло от грунта и закипает, образующийся пар поднимается вверх и цикл повторяется. В последние годы было рассмотрено решение по установке более одного из крупных хвостохранилищ глубоких (50 м) термосифонов на плотине маневровой емкости.

«Природного холода» применяется для управления температурным режимом грунтов при помощи замораживающих устройств различных типов для изменения прочности. Напряженно-деформированное состояние и водонепроницаемость грунтов допускает не перестраивать конструкции сооружений к свойствам грунтов, а изменять последние в соответствии с требованиями обеспечения надежности сооружений. Использование соответствующих конструктивно-технологических решений позволяет во многом решить проблему применения местных строительных материалов, учитывать и использовать характерные особенности природных условий Севера и значительно уменьшить затраты на подготовку мерзлых оснований сооружений.

Накопители промышленных отходов (хвостохранилища) являются звеном технологического цикла горно-обогатительных комбинатов и рассчитаны для организованного складирования твердых отходов обогащения (хвостов). Вместе с тем, накопители решают задачу осветления воды от взвесей и организации оборотного водоснабжения [4,11].

Дефицит свободных площадей для размещения накопителей приводит к увеличению высоты ограждающих сооружений и увеличению объема

размещаемых отходов. Высота ограждающих дамб многих накопителей достигла 60-90 м и продолжает наращиваться; такие накопители имеют 1-2 класс ответственности.

Специфическими особенностями этих накопителей являются:

— возведение ограждающих дамб и складирование хвостов в течение всего периода эксплуатации, который является одновременно и периодом строительства;

— существенное отличие физико-механических свойств хвостов, из которых в большей части возводятся сооружения, от естественных грунтов.

Накопители промышленных отходов характеризуется непрерывным изменением во времени конструктивных и технологических параметров – контуров сооружения в плане, поперечных и продольных профилей ограждающих дамб, материала дамб наращивания, мощности и физико-механических свойств намывных отложений, интенсивности намыва, площади и глубины отстойного пруда и т.д. Происходят сезонные и многолетние изменения тепловых и фильтрационных параметров, определяющих сложные процессы тепломассообмена в системе атмосфера – накопитель – основание сооружения.

Из прочных зернистых отходов возводятся дамбы наращивания, тепло и гидроизоляционные экраны и другие конструктивные элементы. При этом дамбы наращивания могут отсыпаться на ранее намывтый, уплотненный и дренированный массив отходов. Соответственно, хвостохранилища становятся многоярусными, поэтапно наращиваемыми сооружениями намывного типа.

Из многолетней практики опыта эксплуатации накопителей в условиях северо-западной Якутии были разработаны следующие правила при проектировании, строительстве и эксплуатации ограждающих дамб хвостохранилищ:

- грунты в основании дамбы с льдистостью свыше 20% следует удалять;
- тело пионерной дамбы преимущественно стоит возводить из несвязных грунтов, функции противofильтрационного элемента при этом выполняет намывной экран из хвостов;
- параметры пионерной (первичной) дамбы выбирают с учетом возможности эксплуатации ее в качестве дренажной призмы, обеспечивающей сток фильтрационных вод и понижающей положение кривой депрессии ниже глубины промерзания низового откоса;
- для перехвата фильтрационных расходов в нижнем бьефе необходимо рассматривать дренажные насосные станции.

В состав сооружений хвостохранилища входят:

- ограждающая дамба талого типа, с пионерной дамбой из каменной наброски, перекрывающая долину ручья, расположенный ниже ограждающей дамбы (рисунок 1.2);
- пруд-накопитель оборотной воды (маневровая емкость) с плотиной и прехватывающей дамбой;
- нагорные-водоотводные каналы;
- насосные станции дренажных и осветленных вод;
- система пульпопроводов и водоводов.

Характерными особенностями данного комплекса сооружений являются:

- значительная проектная (свыше 100 м) высота ограждающей дамбы;
- расположение подпорных сооружений в виде каскада;
- регулирование фильтрации и водного баланса хвостохранилища при циклическом наполнении-опорожнении маневровой емкости;
- обеспечение экологической безопасности хвостохранилища с помощью мерзлотной завесы, устроенной в плотине маневровой емкости;

— устройство регулируемого дренажа перед мерзлотной завесой, позволяющего управлять фильтрационным режимом комплекса.

На рассматриваемом нами примере первоначально отсыпана пионерная дамба высотой 37,5 м и длиной 764 м из крупнообломочного скального материала и намыв хвостов производился с ее гребня. Пионерная дамба является первым ярусом и выполняет функции низовой упорной и дренажной призмы ограждающей дамбы. Ежегодно, по мере заполнения емкости, возводятся дамбы наращивания высотой около 3 м, и складирование хвостов намывов производится уже с них. На конец периода эксплуатации высота данного сооружения достигнет 107,5 м при длине около 2500 м.

Для перехвата фильтрационных вод из хвостохранилища и аккумуляции излишков воды предусмотрена маневровая емкость, которая является по существу природоохранным сооружением, защищающим речную сеть от загрязнения (рисунок 1.4, лист №2). Подпорное сооружение состоит из двух плотин (дамб): основной – талого типа и перехватывающей (противофильтрационной) мерзлой. Основная каменно-земляная плотина с суглинистым ядром и зубом, высотой 33 м и длиной по гребню 860 м предназначена для создания маневровой емкости.

Вдоль низового откоса устроена перехватывающая призма из суглинка, высотой до 9 м с переменной отметкой гребня повторяющей рельеф. С целью создания противофильтрационной льдогрунтовой завесы по гребню призмы с интервалом 2 м установлены 500 жидкостных термосифонов, заглубленных в коренные мерзлые породы. Перед водопором отсыпан дренажный слой для сбора воды фильтрующейся через тело основной плотины. Накапливающаяся вода откачивается насосами и по трубопроводу возвращается в маневровую емкость.

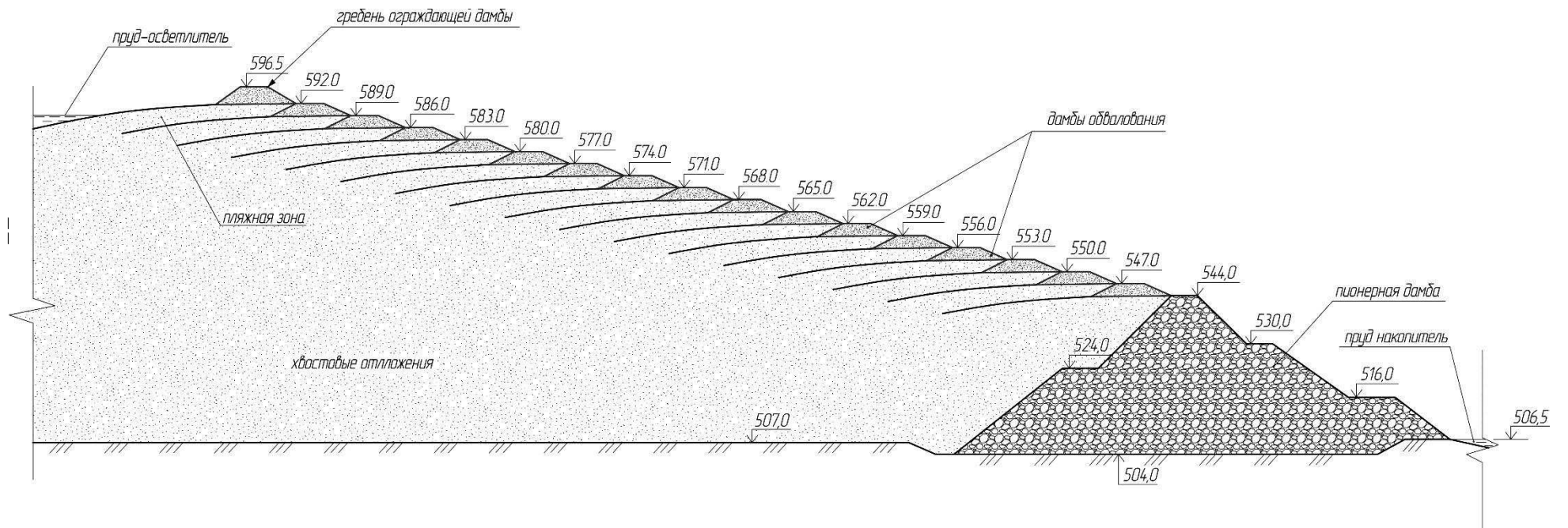


Рисунок 1.2 – Типовое сечение ограждающей дамбы хвостохранилища намывного типа

Хвостохранилище введено в эксплуатацию в 1996 году, является гидротехническим сооружением I класса ответственности и предназначено для складирования хвостов и оборотного водоснабжения обогатительной фабрики.

Компоновка сооружений хвостохранилища представлена на рисунке 1.3 и на листе № 1

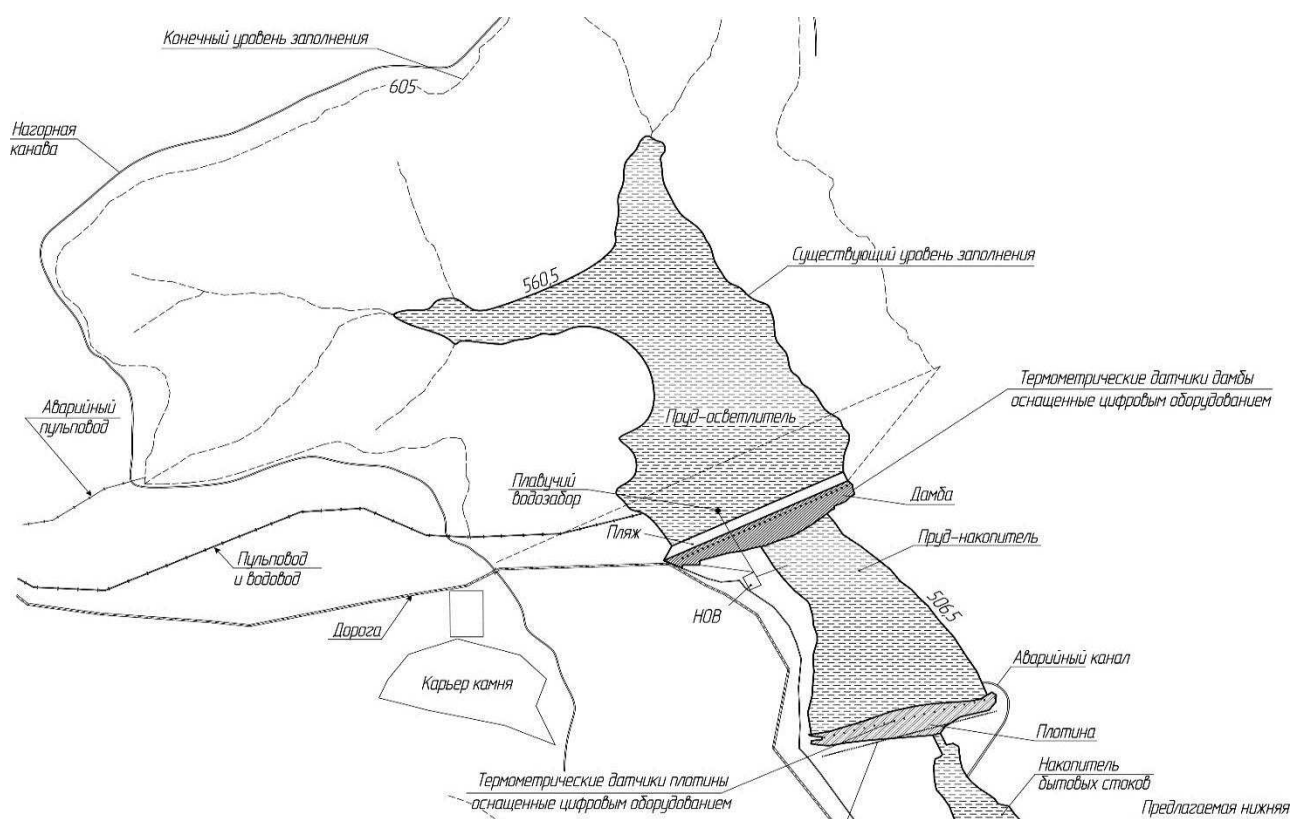


Рисунок 1.3 – Компоновка сооружений хвостохранилища

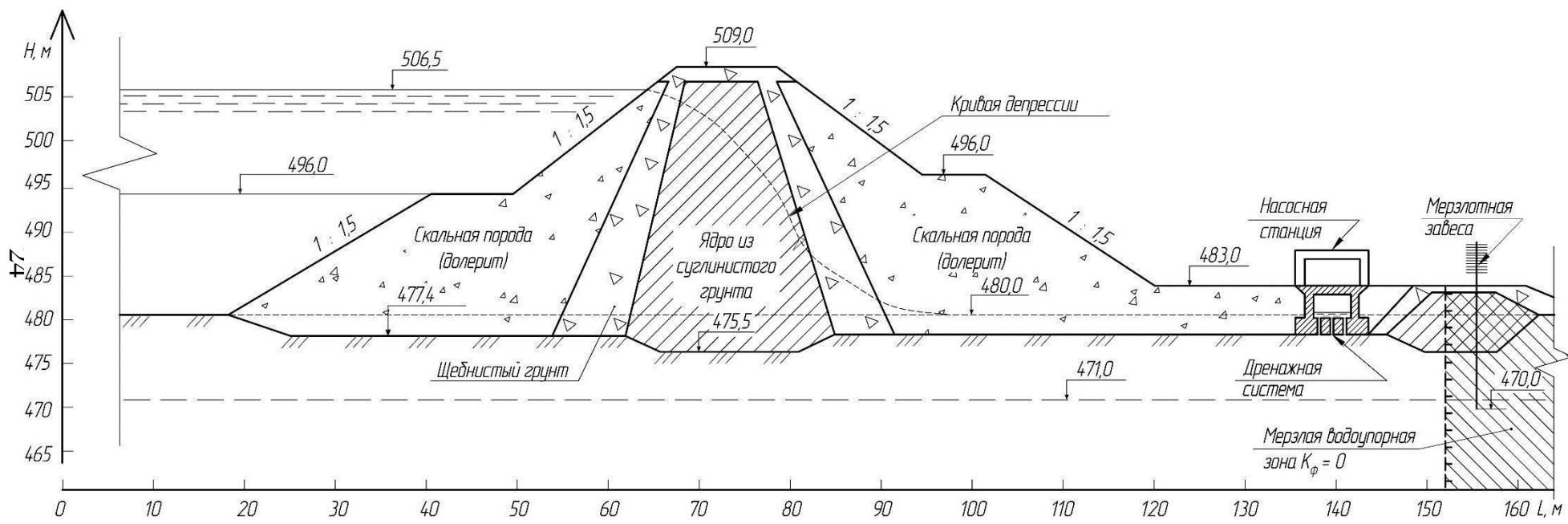


Рисунок 1.4 – Конструкция плотины маневровой емкости хвостохранилища

1.3 Дамбы мерзлого типа

Как показывает многолетний опыт эксплуатации, большинство опасных ситуаций на гидроузлах, построенных на многолетнемерзлых грунтах, связаны с существенными недочетами конструкций водосбросных сооружений. Основной причиной разрушения является отепляющее воздействие потока воды на мерзлые грунты в основании и стенках водосброса и, как следствие, возникновение сквозного фильтрующего талика под ним, приводящего к потерям воды и разрушению сооружения.

Особенно неблагоприятными для устройства водосбросов по типу открытого саморегулирующегося канала следует считать береговые террасы, сложенные скальными сильнотрещиноватыми породами или высокольдистыми термо-просадочными грунтами. В скальных породах, в результате свободного движения воды по каналу, тает лед, содержащийся в трещинах пород. Автоматическое же поддержание НПУ на порогах водосбросов способствует тому, что в меженный период по каналам проходит самая нагретая верхняя часть воды из водохранилища, ускоряя процесс оттаивания грунтов. Зимой грунт промерзает, при этом образующийся в трещинах лед расширяет их. При последующем паводке инфильтрующая вода, проникая в прилегающий массив по трещинам, очень быстро нагревает мерзлый грунт. Проникновение этой воды до границы предыдущего оттаивания приводит ежегодно к продвижению вглубь нулевой изотермы под дном и в бортах канала.

В случае оттаивания нескальных грунтов происходят их неравномерные просадки, провалы и обрушения в русле канала, выходят из строя конструктивные элементы, что в итоге, ведет к разрушению сооружения.

Противофильтрационная завеса водосброса по конструкции и принципу работы должна быть комбинированной: в пределах сезонноталого слоя водонепроницаемость завесы может обеспечиваться традиционными

способами и устройствами (бетонными диафрагмами, суглинистыми зубьями, различными водонепроницаемыми экранами и пр.), а сопряжение этих устройств с многолетнемерзлыми породами и экранизация теплового влияния водохранилища обеспечиваться мерзлотной завесой. Мерзлотная завеса на водосбросе должна быть сопряжена с мерзлотной завесой плотины и врезаться в береговой массив.

По всему водосбросному тракту следует исключать возможность инфильтрации воды в основание канала, используя водонепроницаемые покрытия из связных грунтов или полимерных материалов.

При проектировании мерзлой плотины следует предусмотреть, чтобы водопроводящие устройства не пересекали тела плотины. Предпочтительнее оставлять между ними и плотиной массив естественного мерзлого грунта, обезопасив его от протаивания со стороны водосброса и верхнего бьефа.

Необходимо максимально сократить срок пропуска воды по водосбросному каналу, для чего предусматривать устройство дублирующего сифонного водосброса, обеспечивающего пропуск меженных расходов воды. Водосбросной канал должен оставаться сухим большую часть года, особенно в зимний период.

1.4 Дамбы талого типа

Ограждающая дамба представляет собой намывную призму из хвостов с фильтрующей скальной пионерной дамбой и дамбами обвалования из хвостов и скальных пород (рисунок 1.2).

Исследования геофизическими методами показали, что трещины оседания имеют место на всех крутых склонах, сложенных известняками, и массивы, обладающие повышенной трещиноватостью, существуют практически по всему периметру как заполненной части хвостохранилища, так и в пределах зоны потенциального затопления. Таким образом, особен-

ности геологического строения долины привели к образованию механизма формирования обходной фильтрации.

Термометрические исследования, позволили установить, что тело пионерной дамбы частично заморожено, и не отвечает требованиям дренажной призмы, в результате дренаж ограждающей дамбы частично осуществляется в трещиноватых зонах береговых массивов.

Был предложен и реализован наиболее технологически простой способ с целью блокирования обходных фильтрационных потоков – опережающий намыв на бортах хвостохранилища противofильтрационного экрана из хвостов. Более эффективным является зимний намыв с намораживанием хвостовых отложений экрана. Намороженный массив хвостов, не успев оттаять за короткое лето, является теплоизолирующим экраном и сохраняет естественный береговой массив в мерзлом состоянии.

Исследования, проведенные на хвостохранилище показали, что температура в двух-трехметровом массиве намороженных хвостов за зиму достигает минус 5-10 градусов и смыкается с мерзлыми грунтами основания. За летний период успевает оттаять только метровый поверхностный слой, под которым круглый год сохраняются мерзлые грунты.

Мерзлота сохраняется и в дальнейшем под водой прудка при затоплении бортов и под слоем последующих хвостовых отложений.

1.2 Накопители на вечномерзлых основаниях

Северные территории наиболее чувствительны к загрязнению, что предъявляет особо высокие требования к надежности всех конструктивных элементов накопителей. Прежде всего требуется обеспечить высокий уровень общей статической и фильтрационной прочности ограждающей дамбы на мерзлом основании, неизбежно подвергающемся оттаиванию и термопросадочным деформациям. Нефильтрующая дамба мерзлого типа на мерзлом основании, которое не испытывает термопросадочных деформаций

и не подвергается фильтрационному оттаиванию, наиболее полно соответствует требованиям эффективной защиты окружающей среды от фильтрационного просачивания или вытекания загрязненных вод из накопителя. Так, может быть возведена лишь внешняя упорная призма и центральная часть профиля дамбы при строгом соблюдении рекомендаций по ее промораживанию в процессе послонной отсыпки или намыва.

Мерзлое основание отстойного пруда при любом типе ограждающей дамбы подвергается длительному оттаиванию и испытывает термопросадочные деформации в течение всего периода эксплуатации накопителя. Соответственно деформируются и сооружения, расположенные в зоне теплового влияния пруда (водобросные колодцы, коллекторы осветленной воды, насосные станции, пульпопроводы и др.).

Возведение дамб с допущением оттаивания основания возможно в том случае, если его термопросадочные деформации не снижают устойчивости и водоудерживающей способности, но при этом возникает проблема борьбы с фильтрацией в талом массиве дамбы и оттаивающем слое основания, что осложняется промерзанием низового откоса. Особенно опасно смыкание промерзшей зоны с депрессионной поверхностью и промерзание дренажа, приводящее к напорному режиму фильтрации и резкому возрастанию фильтрационного давления на водонепроницаемый мерзлый слой. Отрыв или сдвиг этого слоя может привести к потере устойчивости накопителя, вытеканию загрязненных вод и неконсолидированных водонасыщенных отходов. В этих условиях дренажные системы и противофильтрационные элементы должны быть защищены от вредного влияния мерзлотных процессов и приспособлены к неравномерным осадкам оттаивающих оснований.

Низкая отрицательная температура воздуха существенно влияет на гидроледотермический режим отстойного пруда и на процессы намыва отходов, осветления и очистки воды в системе гидротранспорта. Мощный ледяной покров (до 2 м) и глубокое сезонное промерзание наводного пляжа

приводят к значительному сокращению продолжительности сезона его намыва и создают предпосылки для образования в намывных отложениях слоев замытого льда, снижающих устойчивость дамбы.

В связи с изложенным особое значение приобретает рациональное проектирование ограждающих дамб талого или мерзлого типа, приспособленных к неравномерным осадкам оттаивающих оснований или обеспечивающих сохранение естественной мерзлоты под мерзлой частью профиля дамбы.

Для проектирования накопителей в районах распространения вечномерзлых грунтов необходимо получить следующий комплекс дополнительных исходных данных при инженерных изысканиях:

— общие мерзлотные условия ограждающей дамбы, ложа отстойного пруда, трасс водосбросов, пульпопроводов и водоводов; особенности распространения толщи мерзлых пород в плане и по глубине; температурный и фильтрационный режимы таликов; сезонное оттаивание; естественный температурный режим вечномерзлых пород; наличие и особенности залегания ледяных включений (текстурообразующие льды, линзы, пластовые и клиновидные льды, погребенные наледи в руслах водотоков и др.); наличие и режим подземных вод и наледей особенно в пределах естественных таликов; наличие и характеристика термокарста, солифлюкционно-оползневых образований, морозобойных трещин, пучения и других криогенных явлений;

— состав, строение и свойства грунтов основания (криогенное строение, текстура, суммарная влажность, льдистость, плотность, механические и теплофизические свойства грунтов в мерзлом, талом и оттаивающем состоянии);

— условия возникновения и возможность развития фильтрации в мерзлых и оттаивающих грунтах, коэффициенты фильтрации грунтов в стадии оттаивания и в оттаявшем состоянии;

— для скальных и полускальных пород – сведения о характере распространения и степени раскрытия трещин, о наличии в трещинах льда и минерального заполнителя, о степени выветрелости и морозостойкости, о водопроницаемости в мерзлом, талом и оттаивающем состояниях, о подземных водах в таликах;

— климатические факторы района возведения накопителя; данные о гидротермическом режиме ближайших водоемов – аналогов;

— физико-механических свойствах карьерных грунтов;

— физико-механические и теплофизические характеристики намывных отложений в пляжной зоне и в зоне отстойного пруда.

Тип и конструкция ограждающей дамбы определяются рельефом площадки, криогенным строением и другими мерзлотно-геологическими особенностями основания, климатическими условиями района строительства, прогнозом теплового взаимодействия накопителя и мерзлых пород основания, условиями эксплуатации, наличием местных строительных материалов и другими факторами.

По мерзлотно-геологическим особенностям, криогенному строению и чувствительности к изменениям естественного температурного режима в зоне теплового влияния накопителя можно выделить следующие типы оснований:

— тип А – мерзлые или частично талые основания, сложенные относительно прочными и слаботрещиноватыми скальными породами, прочностные, деформативные и фильтрационные свойства которых практически не изменяются при нарушении первичного криогенного строения и естественного температурного поля массива;

— тип Б – мерзлые скальные и полускальные основания, характеризующиеся значительной трещиноватостью и льдонасыщенностью в верхней выветренной зоне; оттаивание таких оснований сопровождается

заметной осадкой и резким возрастанием водопроницаемости после вытаявания льда в трещинах;

— тип В – сложенные плотными нескальными, в частности крупнообломочными, грунтами, оттаивание которых не сопровождается тепловой осадкой и резким изменением прочностных, деформативных и фильтрационных свойств;

— тип Г – образуемые толщей рыхлых, льдонасыщенных аллювиально-делювиальных четвертичных отложений ограниченной мощности, подстилаемых слабопроницаемыми и непроницаемыми после оттаивания породами;

— тип Д – характеризующиеся особо сложными мерзлотногрунтовыми условиями – наличием мерзлых льдонасыщенных отложений значительной мощности с крупными включениями подземного льда; оттаивание таких оснований в зоне теплового влияния накопителя сопровождается значительной осадкой и эрозионно-термокарстовыми процессами, резким снижением прочности и развитием интенсивной фильтрации в оттаивающих грунтах.

Ограждающие дамбы следует проектировать по одному из двух принципов: с сохранением мерзлого состояния грунта под низовым откосом и центральной частью профиля дамбы (I принцип) или с допущением оттаивания (II принцип). Исходя из этого назначается тип дамбы – мерзлый или талый.

Отличительные особенности дамбы мерзлого типа:

— мерзлое состояние центральной части ее профиля, низового откоса и основания, достигаемое естественным промораживанием слоев отсыпаемого или намываемого грунта либо с помощью охлаждающих устройств – воздушных замораживающих колонок и термосифонов;

— отсутствие неконтролируемой фильтрации через промороженную дамбу и в основании; подрусовые талики должны быть полностью

проморожены до начала заполнения емкости; в необходимых случаях применяется регулирование температурного режима основания с сохранением фильтрации в талике при стабилизации его боковых границ;

— оттаивание основания верхового клина – естественное в течение всего периода эксплуатации, если осадка оттаивающих грунтов не приводит к потере устойчивости сооружения, или предпостроечное, сопровождающееся уплотнением оттаиваемого грунта; последнее необходимо в тех случаях, когда в основании верхового откоса имеются включения подземного льда мощностью более 0,1 м.

Отличительные особенности дамбы талого типа:

— естественное оттаивание основания под дамбой в течение всего периода эксплуатации накопителя;

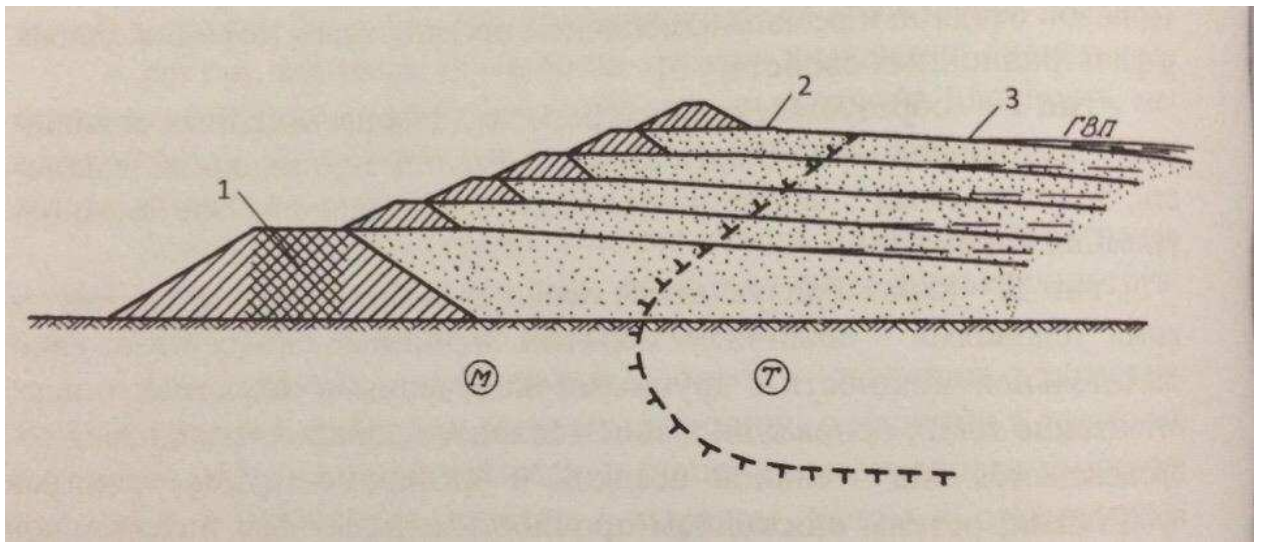
— необходимость предпостроечного оттаивания зон льдонасыщенных грунтов и подземных льдов при строительстве дамбы;

— увеличение водопроницаемости грунтов в оттаивающих зонах после разрушения их естественной криогенной текстуры;

— необходимость противофильтрационного закрепления или уплотнения оттаивающих грунтов;

— глубокое сезонное или многолетнее промерзание низового откоса, определяющее необходимость тепловой изоляции дренажей и борьбы с морозным пучением и трещинообразованием;

— мерзлотные процессы на низовом откосе дамбы, на бортах емкости и в нижнем бьефе (наледи, термокарст, солифлюкция, водно-тепловая эрозия), отрицательно влияющие на устойчивость и фильтрационный режим сооружения.



1 – первичная ограждающая дамба мерзлого типа; 2,3 – мерзлые и талые намывные отложения; М,Т – мерзлая и талая зоны

Рисунок 1.5 – Принципиальная схема накопителя мерзлого типа с естественным послойным промораживанием намывного массива

В тех случаях, когда оснований типа А, Б или В не сопровождается значительным снижением несущей способности и возрастанием водопроницаемости грунтов в процессе эксплуатации накопителя, целесообразно проектировать дамбу талого типа без предварительной тепловой мелиорации основания. Возведение дамбы талого типа в более сложных мерзлотно-геологических условиях (на основаниях типов Г и Д) требует проведения предпостроечной тепловой мелиорации, уплотнения или замены термопросадочной толщи льдистых грунтов по всей площади ее основания и может оказаться нецелесообразным по технико-экономическим соображениям и условиям эксплуатации накопителя.

Дамбу мерзлого типа можно проектировать на любом вечномерзлом основании, если в нем отсутствуют не заполненные льдом трещины, пустоты и зоны сыпучемерзлых рыхлых грунтов, по которым возможно возникновение сосредоточенной фильтрации. Другим обязательным

условием является предварительное промораживание таликов и последующее регулирование температурного режима основания.

На основании типа Д следует проектировать только мерзлую дамбу. Выбор принципа строительства обосновывают технико-экономическим сравнением талого и мерзлого типов.

Следует учитывать, что первичная дамба и намывной массив накопителя должны возводиться по одному принципу в течение всего периода эксплуатации.

Для оценки возможности возведения с требуемой интенсивностью намывной ограждающей дамбы с послойным естественным промораживанием намывных отложений должен быть выполнен специальный теплотехнический расчет. При выборе принципа строительства и типа дамбы следует учитывать прогноз изменения мерзлотных условий и гидрогеотермического режима основания в зоне теплового влияния накопителя.

Возведение дамбы мерзлого типа полностью исключает фильтрацию из накопителя и обеспечивает эффективную защиту окружающей среды от загрязнения.

В проектах накопителей на мерзлых основаниях рекомендуется применять конструктивные схемы первичных ограждающих дамб:

- 1) однородная дамба из глинистых грунтов, отсыпанных и уплотненных в талом или мерзлом состоянии;
- 2) дамбы с ядром из суглинка и с боковыми призмами из любых грунтов или каменной наброски, отсыпанных и укатанных в талом или мерзлом состоянии;
- 3) дамбы с низовой призмой из крупнопористой каменной наброски;
- 4) дамбы с гибкой диафрагмой из полиэтиленовой пленки в защитном песчаном ядре, предохраняющей диафрагму от повреждения при неравномерных осадках боковых призм;

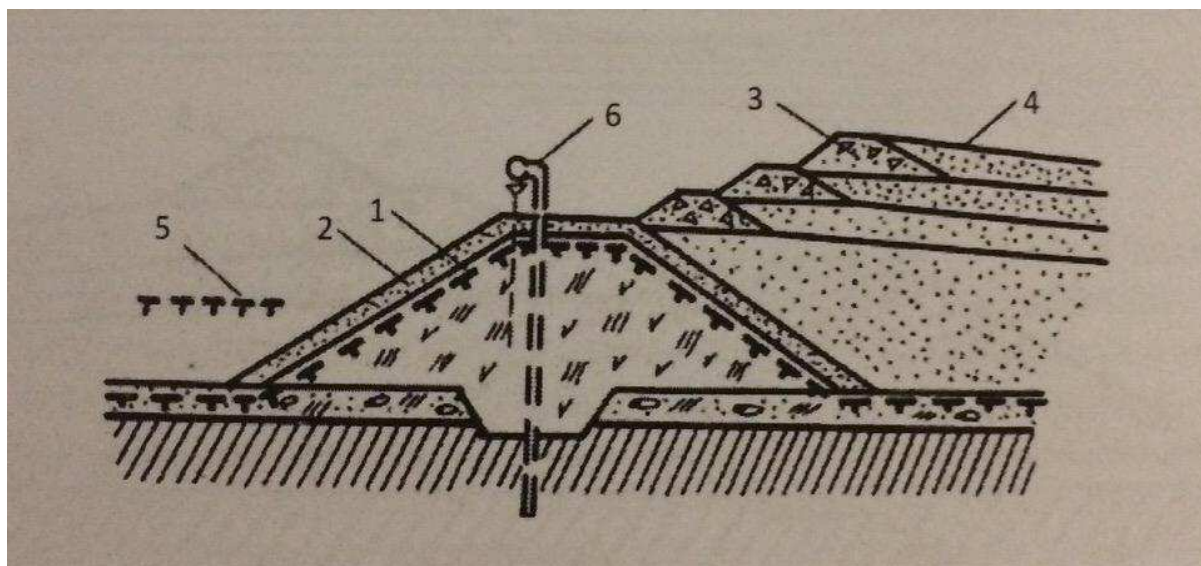
5) фильтрующие дамбы талого типа с низовой призмой из каменной наброски в сочетании с незамерзающим дренажем.

Дамбы можно выполнять как мерзлого, так и талого типа. Дамб мерзлого типа для повышения эффективности естественного охлаждения наброска в низовой призме должна обладать максимально возможной пористостью и воздухопроницаемостью. В дамбе талого типа низовая каменнонабросная призма (или ее часть) является дренажом и защищается от промерзания теплоизолирующим грунтовым слоем. Дамба позволяет осуществить переход от первоначального талого к мерзлому состоянию ограждающей дамбы.

В случаях, когда мерзлотно-геологическое основание и другие факторы позволяют принять II принцип строительства, целесообразно проектировать дамбу талого типа в соответствии с конструктивными схемами. На основаниях типов А, Б, В целесообразно применять естественное оттаивание мерзлых грунтов. На основании типа Г следует предусматривать предварительную тепловую мелиорацию и уплотнение верхних наиболее льдонасыщенных слоев. На основании типа Д проектирование первичной дамбы талого типа не рекомендуется. Устойчивость талой дамбы определяется прочностью, гибкостью и водопроницаемостью противofiltrационных устройств, деформирующихся в заданных пределах при осадке оттаивающего основания, надежностью сопряжения этих устройств с мерзлым или талым водоупором, а также эффективностью теплоизоляции дренажа.

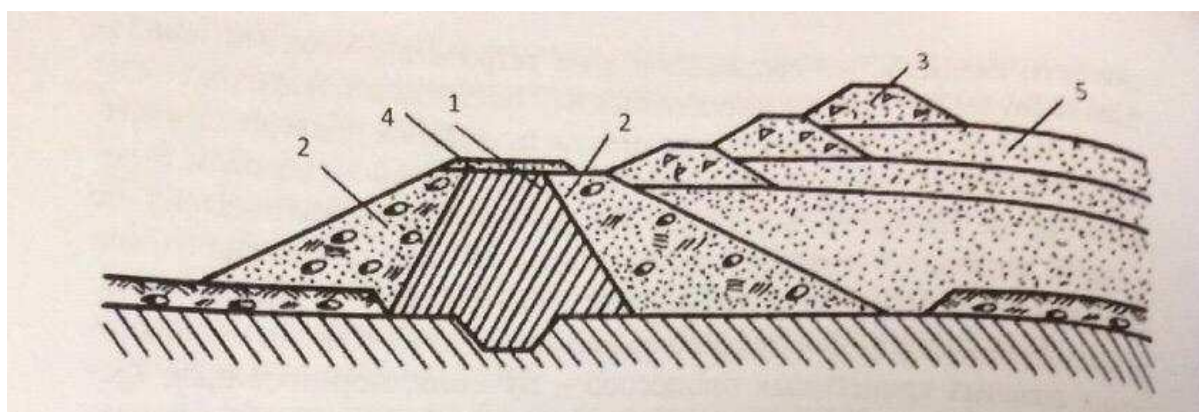
Противofiltrационные элементы не должны подвергаться воздействию сезонного промерзания-оттаивания грунта на низовом откосе и гребне дамбы. Глубина сезонного промерзания-оттаивания не должна превышать толщину теплозащитного слоя из песчаного или крупноскелетного грунта, отсыпаемого на гребне и низовом откосе и предохраняющего противofiltrационные устройства от возникновения опаных криогенных процессов – пучения, морозобойных трещин и

солифлюкции. При естественном оттаивании основания конструкция дамбы должна быть приспособлена к восприятию деформаций оттаивающих грунтов. Это требование учтено в рекомендуемых конструкциях дамб. Для уменьшения деформаций дамбы, проектируемой на льдистом термопросадочном основании типа Г, рекомендуется предварительное оттаивание верхнего наиболее льдонасыщенного слоя до глубины залегания мерзлого водоупора. Допускается применение комбинированного способа, включающего этап интенсивного предпостроечного оттаивания и естественное завершение оттаивания в первые годы эксплуатации. Предварительное оттаивание может быть выполнено путем временного заполнения водой емкости накопителя при недостроенной первичной дамбе, но при полностью завершенных водоотводящих сооружениях. После оттаивания и естественного уплотнения верхнего слоя грунта производят опорожнения временного отстойного пруда, заделку деформированных участков тела дамбы и отсыпку ее до полного проектного профиля. Отметку гребня дамбы назначают с учетом полной осадки оттаивающего основания.



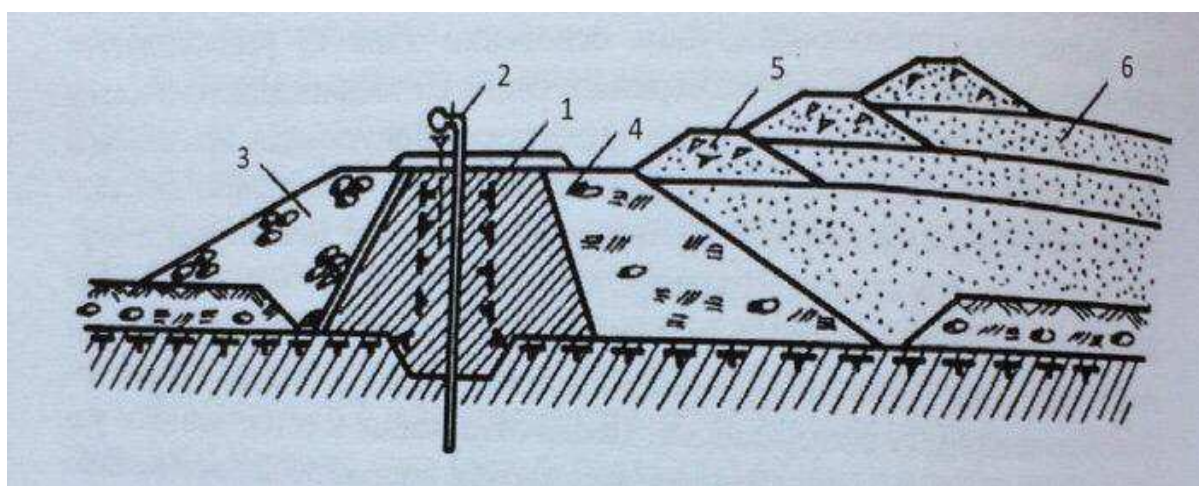
1 – тело дамбы из связного грунта; 2,3 – защитный слой и дамбочки наращивания из крупнообломочных грунтов; 4 – намывные отложения; 5 – граница мерзлой зоны в дамбе мерзлого типа в момент начала намыва; 6 – термосифоны (для варианта дамбы мерзлого типа)

Рисунок 1.6 – Однородная первичная ограждающая дамба



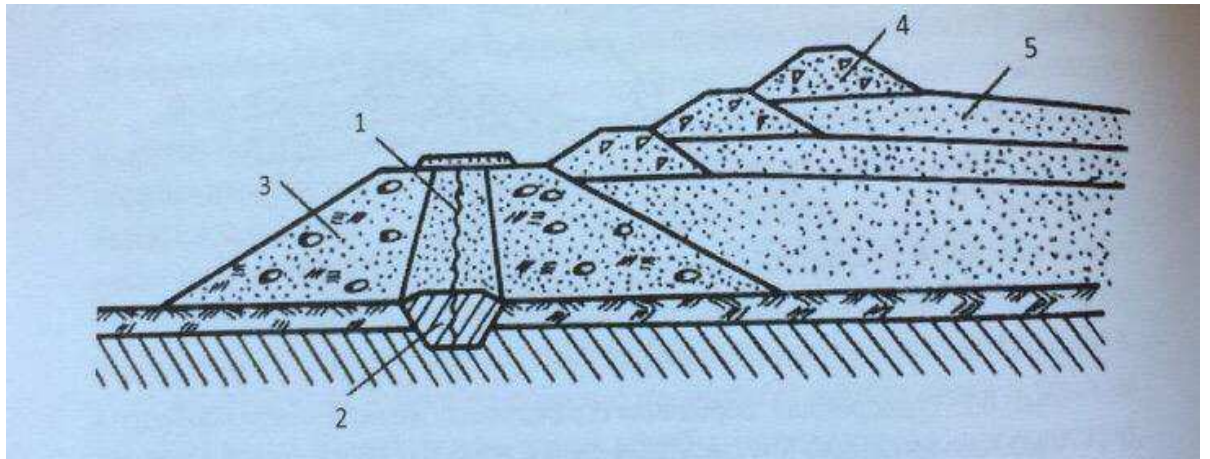
1 – ядро из связного грунта; 2,3 – упорные призмы и дамбочки наращивания из крупнообломочных грунтов; 4 – защитный слой; 5 – намывные отложения

Рисунок 1.7 – Дамба с центральным ядром



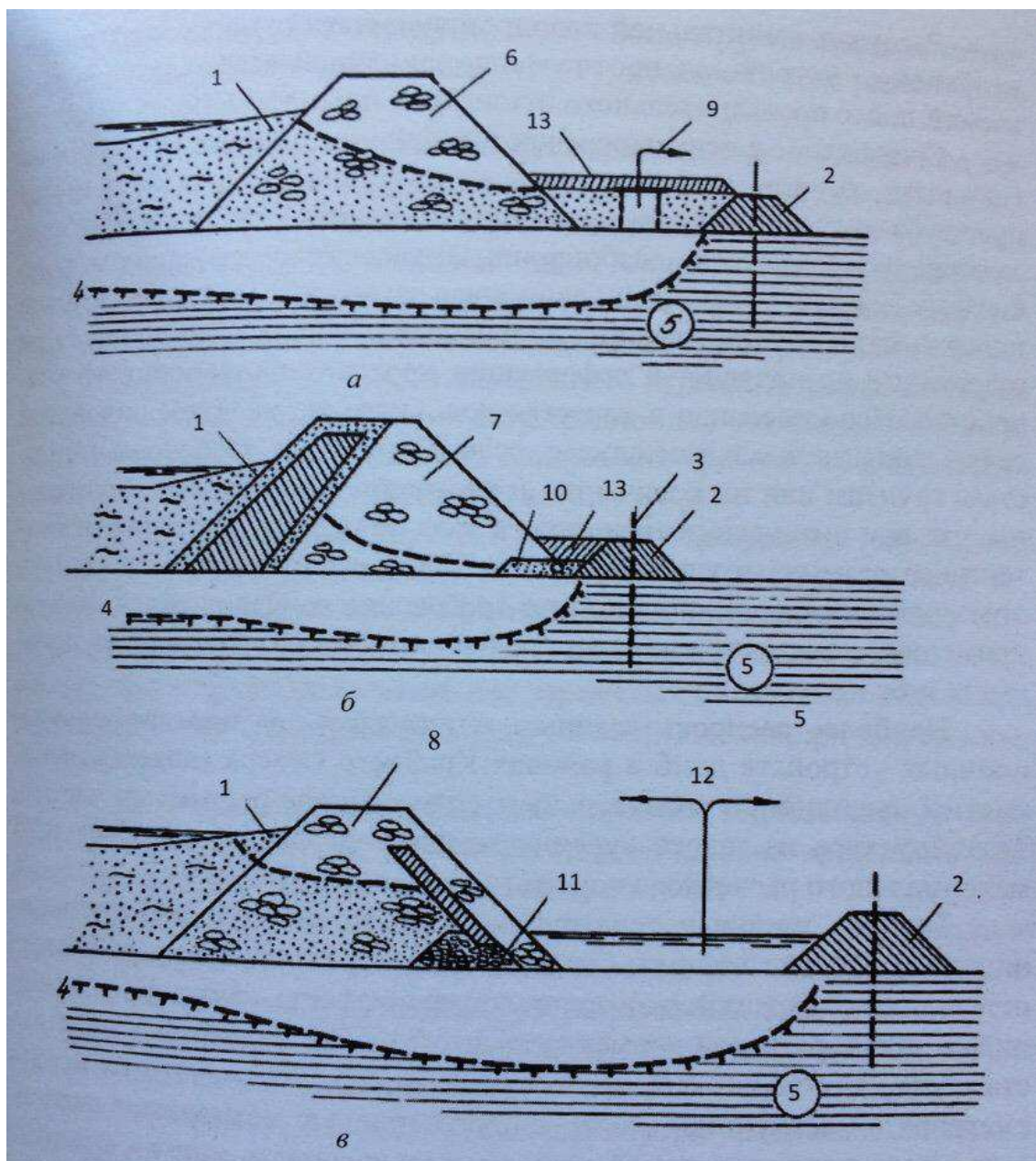
1 – мерзлое ядро из связного грунта; 2 – термосифоны мерзлотной завесы; 3 – низовая призма из каменной наброски; 4,5 – верховая призма и дамбочки наращивания из крупнообломочных грунтов; 6 – намывные отложения

Рисунок 1.8 – Дамба с ядром и мерзлотной завесой



1 – песчаное ядро и диафрагма из пленки; 2 – зуб из суглинка; 3,4 – упорные призмы и дамбочки наращивания из крупнообломочных грунтов; 5 – намывные отложения

Рисунок 1.9 – Дамба с диафрагмой



а – накопитель с дренажным колодезем-водозабором; *б* – накопитель с внутренней незамерзающей дренай; *в* – накопитель с БОВ в нижнем бьефе: 1 – намывные отложения; 2 – низовая перехватывающая дамбочка (в частном случае – с мерзлотной завесой 3); 4 – граница фильтрующей талой зоны; 5 – водоупорная мерзлая зона; 6,7,8 – ограждающая дамба талого типа, соответственно, из каменной наброски с постепенным замывом пустот и теплогидроизоляционным экраном; 9 – дренажный колодез-водозабор; 10 – внутренняя незамерзающая дрена; 11 – дренажная призма; 12 – накопитель осветленных и дренажных вод (с откачкой); 13 – грунтовая теплоизоляция

Рисунок 1.10 – Перспективные конструктивные схемы экологически безопасных намывных накопителей талого типа на оттаивающих основаниях

В случае значительной водопроницаемости оттаивающих пород необходимо устройство противofильтрационной завесы, устанавливаемой после предварительного оттаивания инъектируемой зоны.

Сопряжение с основанием противofильтрационных устройств из глинистых грунтов или полиэтиленовой пленки выполняют с помощью зуба из талого суглинка, плотно уложенного в траншею. Глубина заделки зуба в плотный, слабопроницаемый массив основания должна быть не менее 1 м. Зуб и инъекционная завеса должны прорезать все поверхностные слои основания до плотных пород, осадка которых при оттаивании не приведет к деформации противofильтрационного устройства. Использование в качестве водоупора мерзлой трещиноватой скалы допускается в том случае, если ее трещины заполнены глинистым грунтом или их количество и раскрытие настолько незначительны, что при вытаивании трещинного льда не возникает опасности контактного размыва грунтового противofильтрационного элемента, сопрягающегося со скалой. Если это требование не выполняется, можно применить локальное инъекционное уплотнение оттаивающего основания зуба.

Наиболее распространенным материалом для противofильтрационных устройств дамб в районах Крайнего Севера является щебенистый суглинок со значительным содержанием пылеватых частиц. Толщину ядра из такого суглинка следует назначить не менее 0,25 максимального расчетного напора на первичную дамбу.

Глубина врезки и конструкция сопряжения противofильтрационного элемента с ложем и бортами чаши определяются прогнозом их оттаивания с учетом теплоизолирующего эффекта намывных отложений, а также развития термокарста и обходной фильтрации на льдистых участках береговых примыканий дамбы. Рекомендуется предусматривать местную предпостроечную тепловую мелиорацию льдонасыщенных грунтов, неустойчивых при оттаивании в зоне их контакта с сопрягающимися устройствами, в проекте эксплуатации накопителя – заделку талым

суглинком трещин, которые могут возникнуть в теле дамбы вследствие осадки оттаивающего основания. Особую опасность представляют трещины в примыканиях талого тела дамбы к мерзлым бортам.

При строительстве дамбы по традиционной технологии в ее тело можно укладывать комья мерзлого грунта в количестве, не превышающем 15 % объема грунта противofильтрационного устройства и 30 % объема верховой и низовой упорных призм. Мерзлые включения должны быть равномерно распределены по площади карты укладки без образования пористых зон и слоев.

Применение гибких противofильтрационных элементов из полиэтиленовой пленки рекомендуется при отсутствии качественных глинистых грунтов, а также в случаях явной технико-экономической нецелесообразности применения таких грунтов, переход которых из льдонасыщенного в переувлажненное состояние существенно осложняет технологию их заготовки, подсушки, отсыпки и уплотнения.

Прочность диафрагмы и внутреннего экрана из полиэтиленовой пленки, а также статическая и фильтрационная устойчивость дамбы обеспечиваются при выполнении следующих требований к конструкции и технологии возведения сооружения:

— льдонасыщенные грунты в основании диафрагмы (экрана) необходимо оттаивать, уплотнять или заменять; естественное оттаивание и тепловая осадка оснований низового и верхового откосов первичной дамбы в процессе эксплуатации накопителя допускаются только при устройстве из песка или зернистых отходов защитных зон, предохраняющих диафрагму (экран) от повреждения при деформациях откосов;

— на гребне дамбы необходимо отсыпать теплозащитный слой из непучинистого грунта, толщина которого должна превышать глубину сезонного промерзания-оттаивания на 15 %;

— рекомендуется применять полиэтиленовую полимерную пленку толщиной 0,2 – 1 мм, морозостойкостью до – 70 °С и с относительным предельным удлинением при разрыве 600 – 800 %;

— соединения полотнищ пленки нужно выполнять на сварке специальным переносным прибором;

— подстилающие и защитные слои, внутри которых укладывают пленку, следует отсыпать из песчаного грунта; в дамбах высотой до 15 м можно применять естественные разнозернистые песчано-гравийные смеси с окатанными зернами максимальной крупностью до 40 мм; минимальная толщина защитного слоя должна быть 0,5 м, подстилающего 0,4 м;

— в процессе послойной отсыпки защитных и подстилающих слоев целесообразно осуществлять волнистую укладку пленки в вертикальных и наклонных диафрагмах и экранах, благодаря чему существенно повышается их прочность при осадке оттаивающего основания.

При качественном выполнении грунтовых и пленочных противofiltrационных устройств, надежном сопряжении их с мерзлым водоупором, эффективной предпостроечной тепловой мелиорацией и уплотнением опасных зон оттаивающего основания низовой откос и центральная часть профиля первичной дамбы полностью промерзают в процессе эксплуатации. Переход от начального талого к мерзлому состоянию дамбы сопровождается стабилизацией ее температурного режима, повышением прочности и устойчивости. Эффект естественного промерзания нефiltrующей дамбы можно использовать для дополнительного повышения устойчивости накопителей. Для предотвращения наледей не допускается высачивание фiltrационных вод на низовой откос и бортовые склоны в зонах примыканий к ним дамб.

Устройство постоянных внешних открытых дренажей не рекомендуется. В особых случаях (при отказе внутреннего дренажа, появлении сосредоточенной фiltrации, водно-тепловой эрозии откоса)

допускается устройство внешнего дренажа на опасных участках поверхности низового откоса или в нижнем бьефе. Такой дренаж должен быть защищен от промерзания слоем из грунта или отходов. Внутренний дренаж рекомендуется размещать в постоянно талой части профиля дамбы на таком расстоянии от низового откоса, при котором промерзающая с поверхности водонепроницаемая зона сохраняет устойчивость при передаче на нее гидростатического давления в случае аварийного отказа дренажа. Дренирующую утепленную низовую призму из каменной наброски и внешний дренаж следует предохранять от промерзания теплозащитным слоем из местного грунта или отходов. Толщина этого слоя подбирается из условия, чтобы вода, высачиваемая в дренаж, не могла замерзнуть при сезонном промерзании грунтовой изоляции. Для этого в теплозащитном слое должна постоянно сохраняться талая зона толщиной не менее 0,5 м, препятствующая контакту фильтрующейся воды и промерзающего грунта. Система, отводящая дренажные воды в нижний бьеф, должна быть защищена от замерзания на всем протяжении.

Замыв мерзлых прослоек при наращивании ограждающей дамбы талого типа допускается в том случае, если вытаявание ледяных включений не приведет к развитию недопустимых деформаций и уменьшению устойчивости сооружения.

На основании обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации гидроотвалов в районах с суровыми климатическими условиями предлагаются перспективные конструктивно-технологические схемы ограждающих дамб талого типа с незармежающим дренажем и теплогидроизоляционным экраном. Низовая призма такой дамбы отсыпается из крупнообломочных грунтов или каменной наброски, из таких же грунтов отсыпаются внешние зоны дамб наращивания. Верховая призма, выполняющая функции противофильтрационного элемента, отсыпается из смеси зернистых отходов (хвосты, зола, шлак) и мерзлого комковатого связного грунта.

Дренаж защищен от промерзания теплогидроизоляционным экраном, исключающим поступление фильтрационного потока в промерзающую низовую призму. Гибкие дренажные выпуски могут быть выполнены как в виде дренажных лент из фильтрующих грунтов, так и трубчатых выпусков из гибких полиэтиленовых труб. Конструкция дренажа обеспечивает концентрацию фильтрационного расхода в одном или нескольких теплоизолированных выпусках. При этом исключается выход фильтрационного потока в неконтролируемых руслах, рассредоточенных по длине дамбы, и его промерзание, сопровождающееся опасным наледеобразованием в низовой призме и на откосе.

Гидравлическое оттаивание смесей мерзлых грунтов, хвостов, золы и шлака, отсыпаемых в верховые призмы ограждающих дамб, рекомендуется выполнять с использованием фильтрации воды из технологических прудков и в процессе намыва на поверхность оттаиваемого слоя. Оба способа могут применяться как в строительный период при возведении первичной дамбы, так и в процессе эксплуатации при очередном наращивании накопителя.

Данная конструкция дамбы может возводиться как на талых, так и мерзлых основаниях, оттаивающих в процессе эксплуатации. Происходящая при этом осадка сильносжимаемых оттаивающих грунтов компенсируется достаточной податливостью основных элементов профиля сооружения, способностью их деформироваться без нарушения фильтрационной прочности, а также кольматирующими свойствами отходов.

Для определения оптимальных технологических параметров гидравлического оттаивания и самоуплотнения мерзлой смеси отходов и суглинка, а также отработки технологии замыва отходами пустот в рыхлой насыпи из мерзлого суглинка рекомендуется выполнять опытно-производственные отсыпки в подготовительной стадии строительства накопителя.

Устойчивость и водонепроницаемость дамбы мерзлого типа обеспечиваются созданием зоны постоянно мерзлого типа обеспечиваются

созданием зоны постоянно мерзлого грунта в пределах низового откоса и центральной части профиля. При сохранении естественного температурного режима основания (а при необходимости и понижении его температуры) мерзлая зона такой дамбы является достаточно надежным противofильтрационным элементом. Гидроотвал, образованный первичной дамбой мерзлого типа, наращивание которого осуществляется путем намыва отходов с послойным естественным промораживанием внешней упорной призмы, в дальнейшем будем называть намывным накопителем мерзлого типа.

Конструкция профиля дамбы и физико-механические характеристики грунтов, отсыпаемых в ее тело, должны обеспечивать гибкость и монолитность талой зоны при оттаивании и просадках грунтов основания. Талую верховую призму следует рассматривать как теплоизоляцию, предохраняющую мерзлое ядро от протаивания. В расчетах устойчивости дамбы должны быть учтены деформации и снижение сопротивления сдвигу оттаивающих грунтов основания верхового откоса. Для усиления теплоизолирующего эффекта верховой призмы дамбы целесообразно устраивать широкие бермы на верховом откосе и назначать его заложение не менее 1:3.

Для создания мерзлой зоны, обладающей достаточной прочностью и водонепроницаемостью к началу заполнения емкости, рекомендуется:

— промораживание центральной части профиля дамбы после отсыпки ее на полную высоту путем создания противofильтрационной мерзлотной завесы (этот способ наиболее целесообразен при строительстве на основаниях типа Г и Д); образование мерзлотной завесы должно быть закончено до наполнения емкости;

— послойное естественное промораживание талого грунта, уложенного в зимний период или отсыпанного летом;

— естественное промораживание дамбы со стороны низового откоса, возможное при достаточно низкой водопроницаемости ядра или экрана;

— комбинированный способ, включающий послойное промораживание грунта после уплотнения, создание мерзлого ядра системой замораживающих колонок (термосифонов) и последующее естественное охлаждение низового откоса в эксплуатационный период.

Проектирование и расчеты противofильтрационных мерзлотных завес выполняют в соответствии с рекомендациями. Для более интенсивного охлаждения поверхности низового откоса необходимо систематически удалять снег. Естественные талики в основании мерзлой противofильтрационной зоны нужно полностью промораживать до заполнения накопителя; талики под верховым откосом дамбы, как правило, не промораживают. Монолитность и водонепроницаемость центральной мерзлой зоны достигается при качественной укладке и уплотнении грунта. В промораживаемой зоне не должно быть трещин, пустот и зон сыпучемерзлого грунта. Температура этой зоны к началу заполнения емкости должны быть на 1 – 1,5 °С ниже температуры фазовых переходов влаги в данном грунте.

В проекте овражно-балочного накопителя нужно предусмотреть сохранение мерзлого состояния основания на участках береговых примыканий мерзлой зоны дамбы. Размеры этих участков устанавливают исходя из предельного положения нулевой изотермы, найденной по результатам прогноза оттаивания основания для наивысшего уровня заполнения отстойного пруда. При отсутствии фильтрации и термокарста талик, формирующийся в мерзлых породах, не распространяется за вертикальную поверхность, проходящую через урез воды на бортах. В проекте дамбы типа Д нужно учитывать возможность развития термокрастовых и термоэрозионных процессов в основании, береговых

примыканиях талого верхового откоса и зоне теплового влияния отстойного пруда. Водно-тепловую эрозию в форме сосредоточенной фильтрации по термокарстовым полостям в обход береговых примыканий дамбы предотвращают глубокой врезкой замороженного противофильтрационного устройства в толщу берегового склона. Глубину врезки определяют исходя из прогноза предельной границы оттаивания и термоэрозионной переработки вечномерзлых бортов. Развитие термокарста можно предотвратить путем послонного промораживания намывных отложений, намываемых в теплое время года на защищаемых бортах чаши. Зимний намыв часто сопровождается образованием льдистой текстуры в намывных отложениях и последующей подводной солифлюкцией при дальнейшем подъеме уровня пруда. Применение зимнего намыва для создания теплозащитного слоя, замедляющего оттаивания бортов, допускается только после опытной проверки в натуральных условиях.

Тепловую осадку льдонасыщенного основания талой верховой призмы можно уменьшить, используя предварительное оттаивание и уплотнение грунтов. Поверхностный слой переувлажненного (часто заторфованного) грунта и крупные (мощностью более 1 м) тела подземного льда в зоне сопряжения мерзлого противофильтрационного элемента с основанием рекомендуется полностью удалять. В основании мерзлого низового откоса допускается оставлять заполненные водой естественные впадины, для удаления талых вод от подошвы дамбы нужно предусматривать поверхностный водоотвод.

2 Опасные ситуации при эксплуатации гидросооружений

2.1 Причины возникновения опасных ситуаций

Строительство и особенно эксплуатация в условиях криолитозоны различных подпорных гидротехнических сооружений часто сопряжена с опасными ситуациями, возникающими в процессе длительной эксплуатации, которые могут привести к отказам и авариям со значительными материальными, экологическими и социальными ущербами [2,5].

За полувековую историю алмазодобывающей промышленности на территории Западной Якутии эксплуатировалось несколько десятков дамб и плотин различного назначения и класса ответственности. К сожалению, при этом был накоплен значительный негативный опыт. Анализ произошедших аварий и отказов, предпосылок их появления и признаков развития позволяет существенно повысить объективность оценок рисков, возникающих при эксплуатации гидротехнических сооружений.

Наибольшее число отказов и аварий на гидротехнических сооружениях связано с развитием фильтрационных процессов в основаниях и береговых примыканиях сооружений. Связано это со сложными геокриологическими условиями региона. Мерзлые нескальные грунты и скальные трещиноватые породы характеризуются резким снижением несущей способности и высокой водопроницаемостью после оттаивания. Существует заблуждение, что мерзлые породы являются абсолютным водоупором, в действительности же, при промерзании в условиях неполного водонасыщения, на крутых склонах в мерзлых породах могут существовать пустоты, которые могут привести к развитию фильтрационных процессов.

Анализ внештатных ситуаций, произошедших за последние 30-40 лет показывает, что основными их причинами можно считать:

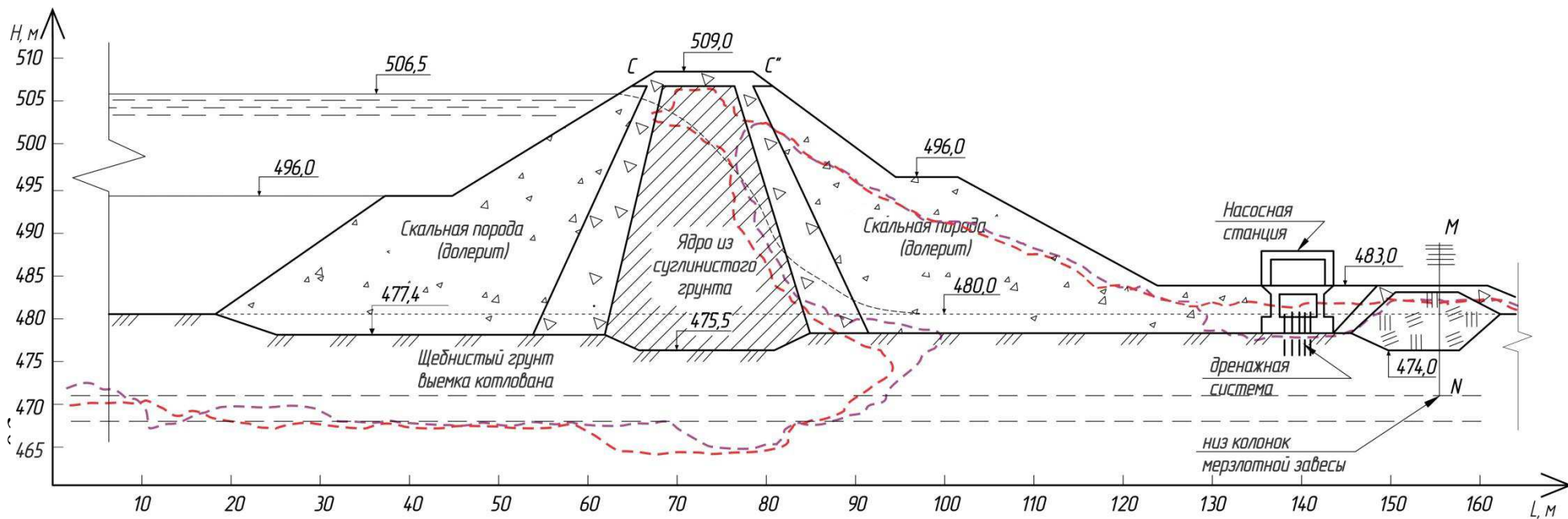
- недостаточную изученность инженерно-геологических условий в створе сооружения в предпроектный период и далее при проектировании и строительстве;
- просчеты, допущенные при проектировании компоновки и конструкции сооружения;
- низкое качество строительных работ;
- изменения условий эксплуатации сооружений по сравнению с предусмотренными проектом условиями;
- несовершенство методов контроля состояния сооружений;
- несовершенство методик анализа результатов мониторинга и отсутствие методов ранней диагностики состояния сооружений.

2.2 Пример эксплуатации хвостохранилища

В качестве примера проявления различных механизмов возникновения фильтрации рассмотрим плотину маневровой емкости хвостохранилища (рисунки 1.1 и 1.4).

На разрезе (рисунок 2.1) приведены границы талых и мерзлых пород полученные расчетным путем, построенные на основании данных термометрического контроля и геофизических работ. Граница талых и мерзлых пород практически подошла к краю противофильтрационного элемента плотины. Для перехвата талых вод на правом склоне долины, пройдена нагорная канава (рисунок 1.3).

Имеющиеся данные позволяют определить участки плотины, на которых возможна реализация тех или иных механизмов возникновения фильтрации.



Расчетное положение фронта оттаивания

- - - - - 2004 г.
 - - - - - 2009 г.

Рисунок 2.1 - Разрез плотины маневровой емкости по ПК5+25 с результатами прогноза протаивания

Проблемный участок 1 находится в центральной части плотины. Вероятность кондуктивного механизма зарождения фильтрации здесь может реализоваться в результате произошедшего значительного продвижения нулевой изотермы в сторону нижнего бьефа (рисунок 2.1). Вероятность реализации конвективного механизма определяется нарушением проектной отметки гребня ядра и наличием в нем фильтрационных окон. После выявления сложившихся обстоятельств данный фрагмент сооружения был взят под усиленный термометрический и геофизический контроль.

Проблемные участки 2 симметрично расположены в правобережном и левобережном примыканиях плотины. На данных участках при производстве инженерно-геологических работ встречены льдистые грунты основания на контакте с телом сооружения.

Проблемный участок 3 приурочен к развивающемуся талику в основании нагорной канавы. На данном участке не исключено развитие обходной фильтрации. Он требует повышенного контроля, а в случае обнаружения прогрессирующего развития талика – специальных мер по его ликвидации.

В связи с высокой вероятностью зарождения фильтрации, обусловленной особенностями инженерно-геологического строения основания и примыканий, несоблюдение проектной отметки кровли ядра, а также наличие включений грубодисперсных грунтов в противофильтрационный элемент, предложен и реализован комплекс мероприятий по управлению температурным режимом сооружения:

— уровень воды в маневровой емкости следует поддерживать на отметке ниже имеющихся в ядре грубодисперсных слоев, а также для уменьшения отепляющего воздействия воды и охлаждения сооружения со стороны верхового откоса;

— необходимо очищать гребень и низовой откос плотины от снежного покрова для охлаждения грунтов тела сооружения с поверхности;

— в летний период низовой откос плотины (южная экспозиция) укрывать светоотражающим покрытием для защиты от лучистой энергии солнца;

— с целью промораживания талика нагорной канавы с поверхности и недопущения развития фильтрации, сечение канавы очищать от снега и льда;

— на проблемных участках установить дополнительные термоскважины (ТС) и оборудовать их автоматизированной системой дистанционного контроля.

Выполнение этих мероприятий в течение трех лет позволило полностью ликвидировать опасность возникновения фильтрации в створе плотины и восстановить ее проектный температурный режим. Термометрические данные свидетельствуют о стабильном проектном состоянии плотины, площадь талой зоны сократилась, выявлено снижение отметки кровли талика и увеличение отметки его подошвы в центральной части сооружения.

Дальнейшая эксплуатация плотины целесообразна по I принципу – с сохранением мерзлоты основания и береговых примыканий, где при оттаивании возможно развитие фильтрации в объемах, значительно превышающие проектные.

В дипломной работе принято, что мёрзлое состояние дамб мёрзлого типа достигается с помощью мерзлотных завес, образованных системой жидкостных термосифонов.

3 Расчет жидкостного термосифона (по В.И. Макарову)

Расчет проводится применительно к нижней дамбе двухъярусного каскадного накопителя.

Температурный режим теплоносителя в контурах термосифонов подчиняется следующей закономерности:

$$T = \Phi \cdot G \cdot T_a + t_r, \quad (3.1)$$

где T – температура теплоносителя;

Φ – коэффициент тепловой эффективности термосифона;

$G = F_a / (F_a + F_r)$ – геометрический параметр термосифона;

F_a – площадь внутренней поверхности надземного теплообменника эффективно контактирующего с воздухом;

F_r – площадь внешней поверхности подземной части трубы термосифона контактирующей с грунтом;

T_a – температура атмосферного воздуха;

t_r – температура грунта, средняя по глубине подземной части термосифона, перед началом его работы. Величина коэффициента эффективности Φ зависит от условия теплопередачи в надземной части термосифона.

Экспериментально получены расчетные формулы, позволяющие определить величину Φ для различных типов надземных теплообменников жидкостных термосифонов:

гладкие трубы, расположенные вертикально и горизонтально, без обдува

$$\Phi = 1,1; \quad (3.2a)$$

оробренные трубы

$$\Phi = 0,9 + 0,2 K_p \text{ при } K_p \leq 6; \quad (3.2б)$$

теплообменники кольцевого типа с принудительным обдувом
внутренней полости

$$\Phi = 1,525 \cdot v^{0,28} \text{ при } 0,2 \text{ м/с} < v < 40 \text{ м/с} \quad (3.2в)$$

Температура теплоносителя в термосифоне служит регулятором интенсивности процессов теплопереноса, осуществляемого термосифоном в системе атмосфера – термосифон – грунт. Принимая условие о том, что тепло в термосифоне переносится конвекцией и передается только через поверхности F_a и F_r , при установившемся режиме процессов теплообмена можем записать известное уравнение баланса тепла:

$$Q_a = Q_r \text{ или } K_a \cdot F_a(T - T_a) = K_r \cdot F_r(t_r - T), \quad (3.3)$$

где Q_a – тепловой поток, рассеиваемый термосифоном в атмосферу;

Q_r – тепловой поток, отводимый термосифоном из грунта;

K_a – коэффициент теплопередачи от теплоносителя в надземной части термосифона к атмосферному воздуху, приведенный к поверхности термосифона, омываемой теплоносителем;

F_a – площадь ограждающей поверхности термосифона, омываемой теплоносителем в надземной части;

F_r – то же, в подземной части термосифона;

K_r – коэффициент теплопередачи от замораживаемого грунта к теплоносителю, отнесенный к поверхности, омываемой теплоносителем;

T_a – то же, что и в формуле (3.1);

t_r – температура грунта на границе зоны теплового влияния термосифона;

T – средняя температура в полости термосифона при установившемся режиме теплообмена, она одинакова для обеих функциональных частей термосифона – надземной и подземной.

После некоторых преобразований формула для определения T приобретает следующий вид:

$$T = \Phi \cdot G \cdot T_a + t_r = \varphi \cdot T_a + t_r, \quad (3.4)$$

где φ – температурный параметр термосифона (по аналогии с геометрическим параметром G);

Φ – коэффициент тепловой эффективности термосифона.

Геометрический параметр термосифона – величина, как правило, задаваемая заранее или известная, а температурный параметр – результат интеграции разных условий теплообмена во вмещающих средах, достигаемый за счет взаимосвязанных процессов теплообмена и движения теплоносителя в термосифоне. Несмотря на очевидную сложность самоустанавливающихся (саморегулирующихся) процессов теплообмена в системе атмосфера – термосифон – грунт, попытаемся их исследовать, используя известные в теплотехнике простые закономерности.

При установившемся режиме теплообмен в системе атмосфера – термосифон – грунт можно условно рассматривать как смену стационарных режимов, характерных для определенных промежутков времени. Тогда значения K_a и K_r , отнесенные к внутренним поверхностям теплопередающих стенок, омываемых теплоносителем, могут быть записаны в соответствии с известными формулами в виде

$$K_a = 1/[1/\alpha_a + \delta_c/\lambda_c + F_a/(f_a \cdot \alpha_b)] \approx \frac{1}{1/\alpha_a + 1/(\alpha_b \cdot K_p)}, \quad (3.4)$$

$$K_r = 1/[1/\alpha_r + (r \cdot \ln R_M/r) / \lambda_M], \quad (3.5)$$

где α_a и α_r – коэффициенты теплообмена у стенок, омываемых теплоносителем в надземной и подземной частях термосифона;

δ_c/λ_c – термическое сопротивление ограждающей стенки корпуса термосифона в надземной части термосифона, величиной которого можно пренебречь вследствие её малости, если эта стенка из металла;

α_B – коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности термосифона в атмосферу;

K_p – коэффициент оребрения надземной части термосифона, равный отношению площади f_a поверхности, омываемой воздухом, к площади F_a поверхности, омываемой теплоносителем в надземной части термосифона;

r – радиус трубы замораживающей колонки;

λ_M – коэффициент теплопроводности замороженного грунта;

R_M – радиус замороженного грунта.

Уравнение (3.5) записано при условии, что на радиусе R_M температура $t_r = 0$, т.е. отражает случай замораживания грунта, температура замерзания которого 0°C , а температура окружающего талого грунта близка к 0°C .

Теплопередача в подземной части термосифонов. Можно с достаточной определенностью установить диапазон изменения основных физических параметров теплообмена в системе термосифон – грунт для реальных условий.

Интенсивность теплообмена в подземной части коаксиальных жидкостных термосифонов, как установлено опытами, сохраняется довольно стабильной – $\alpha = 33 \pm 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, поэтому для этого случая можно принять диапазон:

$$20 \leq \alpha_r \leq 40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}) \quad (3.6a)$$

Для подземной части термосифонов в зависимости от глубины целесообразно использовать трубы, радиус которых можно определить диапазоном

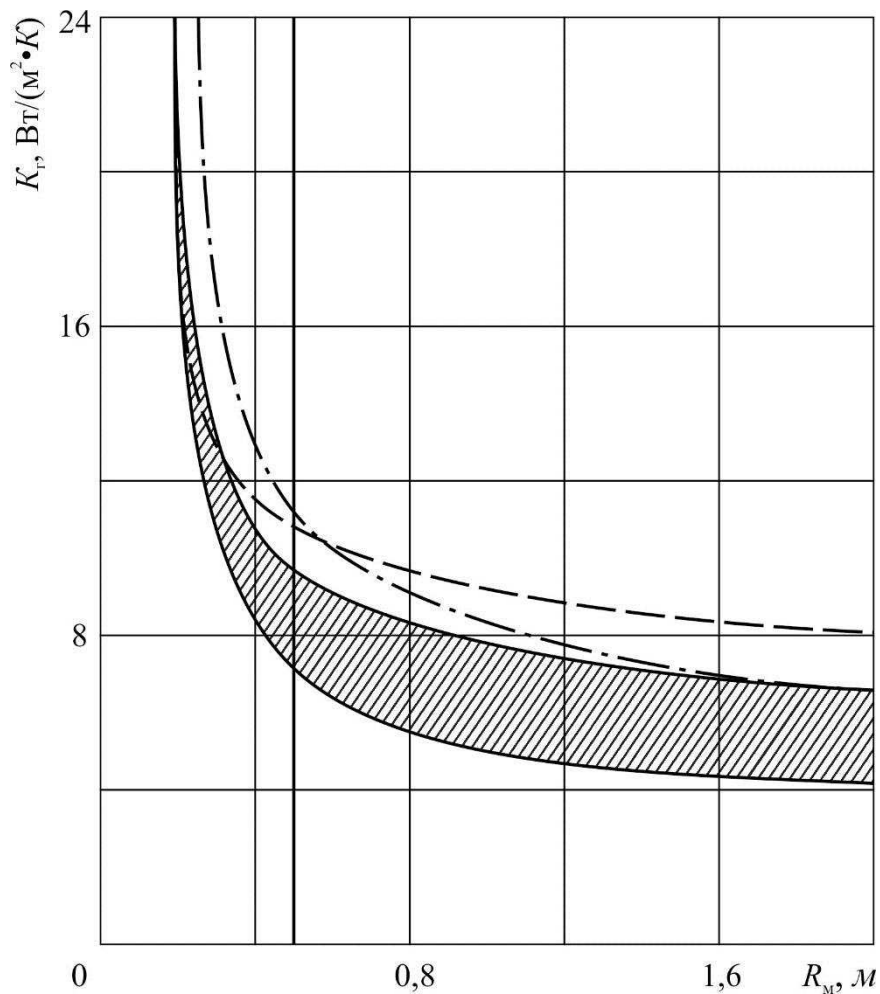
$$0,05 \leq r \leq 0,15 \text{ м} \quad (3.6б)$$

Коэффициент теплопроводности мерзлых грунтов в зависимости от их плотности, влажности и литологии может быть охарактеризован пределами

$$1,5 \leq \lambda_M \leq 2,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K}), \quad (3.6в)$$

$$1,3 \leq \lambda_m \leq 2,15 \text{ ккал/ (ч} \cdot \text{м} \cdot \text{°C)}$$

Результаты расчетов по формуле (3.5) при экстремальных параметрах, заданных условиями (3.6, а – в), а также по средним их значениям (рисунок 3.1) показывают, что при изменениях всех параметров в заданных пределах величина K_r в зависимости от R_m изменяется в довольно узких пределах. Кроме того, при возрастании R_m до 0,5 м величина K_r быстро уменьшается, а при увеличении R_m более 0,5 м величина K_r убывает значительно медленнее.



Пунктирная кривая соответствует конкретным значениям параметров – $\alpha_r = 30 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $\lambda_m = 2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; $r = 0,05 \text{ м}$ (конвективный жидкостный термосифон); штрих-пунктирная – $\alpha_r = 600 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $\lambda_m = 2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; $r = 0,1 \text{ м}$ (испарительный термосифон). Заштрихованная зона соответствует диапазону изменения параметров: $\alpha_r = 30 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $\lambda_m = 1,5 - 2,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; $r = 0,08 - 0,15 \text{ м}$

Рисунок 3.1 – Характер и пределы изменения интенсивности теплообмена в подземной части термосифонов в зависимости от радиуса R_M замороженного грунта

Для замораживания грунта в цилиндре радиусом R_M требуется время τ пропорциональное кубу величины R_M . Поэтому в радиусе $0,37 R_M$ грунт будет заморожен за период, составляющий всего $0,05 \tau$. Если $R_M = 1,5$ м, то за период, составляющий 5% от полного, грунт будет заморожен в радиусе $0,6$ м. С учетом ранее сказанного можно условно принять величину K_T независимой от радиуса замороженного грунта. если $R_M \geq 0,5$ м:

$$K_T = 1/[1/\alpha_{ж} + (r \cdot \ln 0,5/r)/\lambda_M] \quad (3.7)$$

В предварительных расчетах (см. рисунок 3.1) в пределах изменения параметров теплообмена в соответствии с формулой (3.6), величина коэффициента теплопередачи в подземной части жидкостных термосифонов может быть принята с точностью ± 2 Вт/(м²·К):

$$K_T = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.8)$$

Конфигурация кривой зависимости величины K_T для испарительного термосифона (см. рисунок 3.1) и расположение её на графике показывает, что, хотя интенсивность теплоотдачи в испарительном термосифоне принята в 20 раз больше, чем в жидкостном, коэффициент теплопередачи для испарительного термосифона почти не отличается от жидкостного.

Теплопередача в надземной части термосифонов. Коэффициент теплопередачи для надземной части термосифонов, выполненных из открытых гладких труб, определяется по модифицированной формуле :

$$K_a = 1/[1/\alpha_a + 1/\alpha_a] \quad (3.9)$$

Величина коэффициента теплоотдачи (α_B) от поверхности надземной части термосифонов в атмосферу определяется не только конвективным теплообменом, но и излучением:

$$\alpha_B = \alpha_K + \alpha_{\text{л}}, \quad (3.10)$$

где α_K – коэффициент теплоотдачи конвекцией;

$\alpha_{\text{л}}$ – то же, излучением.

Коэффициент теплоотдачи излучением определяется по формуле

$$\alpha_{\text{л}} (T_c - T_{\text{л}}) = \varepsilon_{\text{н}} \cdot c_0 [(0,01T_c + 2,73)^4 - (0,01T_a + 2,73)^4], \quad (3.11)$$

где $\varepsilon_{\text{н}}$ – степень черноты поверхности надземной части термосифона;

$\varepsilon_{\text{н}} \cong 0,8$ – для стальных труб;

$c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела;

T_c – температура поверхности надземной части термосифона ($^{\circ}\text{C}$), без существенной погрешности может быть заменена значением температуры теплоносителя (T).

С учетом конкретных значений параметров формула (3.11) может быть представлена в упрощенном виде:

$$\alpha_{\text{л}} (T - T_a) = 4,54 [(0,01T + 2,73)^4 - (0,01T_a + 2,73)^4] \quad (3.12)$$

Реальные значения $\alpha_{\text{л}}$ довольно малы – $\alpha_{\text{л}} = 2 \div 3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, поэтому теплоотдачу излучением можно в расчетах не учитывать.

Коэффициент конвективной теплоотдачи от поверхности термосифона к атмосферному воздуху определяется по формуле :

$$\alpha_B = \frac{c \cdot \lambda_B \cdot \text{Pr}^{0,35}}{(2 \cdot r_a)^{1-m}} \left(\frac{v}{v_B} \right)^m, \quad (3.15)$$

где $c = 0,22$; $m = 0,6$ при $5 \cdot 10^3 < \text{Re} < 5 \cdot 10^4$;

$c = 0,026$; $m = 0,8$ при $\text{Re} > 5 \cdot 10^4$;

$$\text{Re} = 2,2 r_a \cdot v_B \cdot 10^5 \text{ – критерий Рейнольдса}; \quad (3.16)$$

$$Pr = 0,707 - 0,0005 T_a - \text{критерий Прандтля для воздуха}; \quad (3.13)$$

$\lambda_B = (2,44 + 0,008 T_a) 10^{-2}$ Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности воздуха;

(3.14)

$$\nu_B = (13,3 + 0,08 T_a) 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} - \text{кинематическая вязкость воздуха}; \quad (3.15)$$

v – скорость воздушного потока у поверхности термосифона.

Допускается определять величину α_B интерполяцией по данным таблицы 3.1

Таблица 3.1 – Значения коэффициента теплоотдачи [α_B , Вт/(м²·К)] к атмосферному воздуху от гладких стальных труб (при $T_a = -30$ °С)

Скорость ветра, м/с	Внешний диаметр трубы, м							
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0
0,5	17,3	10,7	7,4	6,1	5,2	4,2	3,2	3,0
1,0	24,0	14,8	12,2	9,3	7,9	6,4	6,0	5,3
2,0	33,2	24,5	18,6	14,1	13,4	12,1	10,6	9,2
4,0	53,5	37,0	28,1	25,4	23,4	28,1	18,4	16,0
6,0	68,1	47,2	40,3	35,1	32,4	29,2	25,4	22,1
8,0	80,9	56,0	50,8	44,2	40,8	36,8	32,0	27,9
10,0	92,5	64,0	60,7	52,8	48,7	44,0	38,3	33,3
15,0	118,1	96,5	84,0	71,3	67,4	60,9	53,0	46,1
20,0	140,2	121,5	105,7	92,0	84,9	76,7	66,7	58,1
50,0	303,6	252,8	220,0	191,4	176,5	159,5	138,8	120,8

На рисунке 3.2(а) построены графики зависимости величины K_a от изменения α_B при разных α_a . Диапазон изменения коэффициента теплоотдачи от теплоносителя к стенке термосифона (α_a) принят значительно большим, чем для подземной части термосифона, поскольку конструктивные решения надземной части отличаются многообразием, а интенсивность теплопередачи здесь изменяется в более широких пределах:

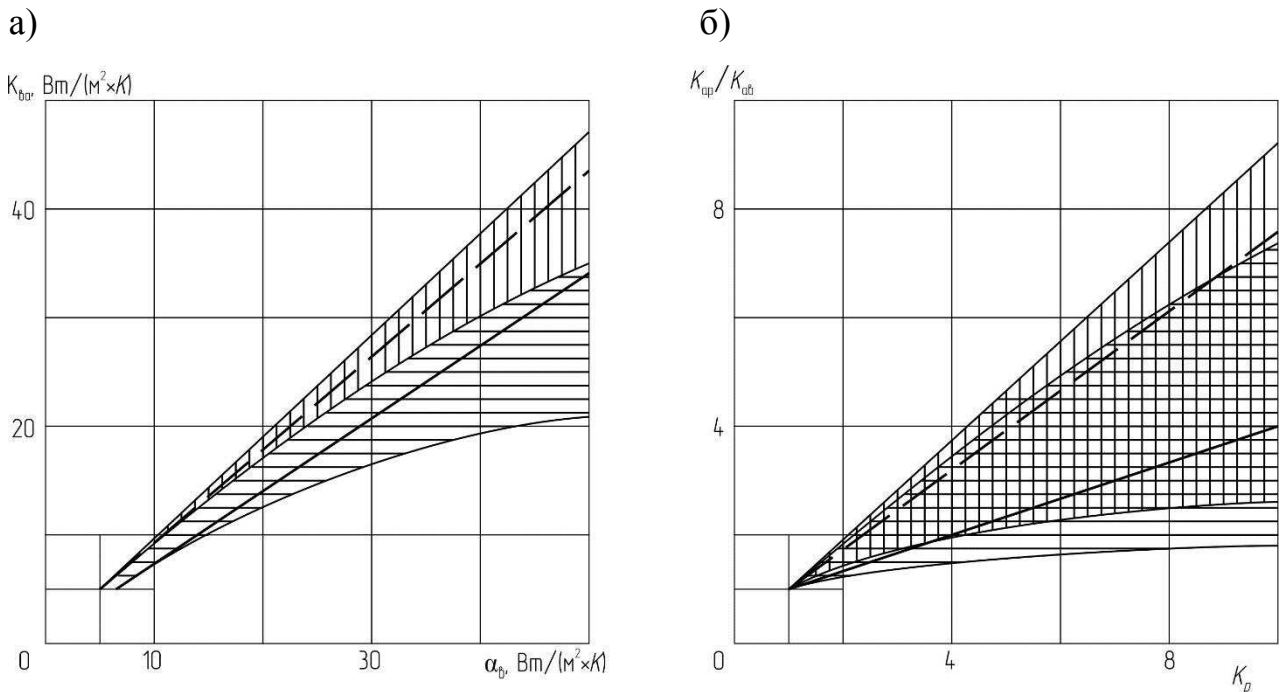
$$35 < \alpha_a < 120 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.16)$$

Рассмотрение графиков на рисунке 3.2 показывает, что при изменении α_B до 25 Вт/(м²·К) величина α_a в жидкостных термосифонах сравнительно слабо влияет на значение K_a , которое в диапазоне

$$5 < \alpha_B < 25 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)} \quad (3.17)$$

может быть приближено (с максимальными отклонениями от экстремальных значений до 16%) определено по формуле

$$K_a = 1,5 + 0,7 \alpha_B \quad (3.18)$$



Вертикальной штриховкой обозначены зоны изменения коэффициента теплопередачи для испарительных термосифонов ($120 \leq \alpha_a \leq 600 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$), обобщающая прямая проведена пунктирной линией. Горизонтальной штриховкой обозначены зоны изменения коэффициента теплопередачи для конвективных жидкостных термосифонов ($35 \leq \alpha_a \leq 120 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$), а обобщающая прямая проведена сплошной линией

Рисунок 3.2 – Интенсивность теплопередачи в надземной части термосифонов

а – из гладких труб, б – из оребренных труб

Рассмотрение графиков на рисунке 3.2 показывает, что при изменении α_B до $25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ величина α_a в жидкостных термосифонах сравнительно слабо влияет на значение K_a , которое в диапазоне

$$5 < \alpha_B < 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.19)$$

может быть приближено (с максимальными отклонениями от экстремальных значений до 16%) определено по формуле

$$K_a = 1,5 + 0,7 \alpha_B \quad (3.20)$$

Для испарительных термосифонов из того же рисунка при $120 < \alpha_B < 600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ находим

$$K_a = 0,5 + 0,9 \alpha_B \quad (3.21)$$

На рисунке 3.2 б построены графики расчетных коэффициентов теплопередачи в надземной части (индекс «а») термосифонов, причем дополнительными индексами обозначены: «р» - для оребренных и «в» - для обдуваемых потоком воздуха. Отсюда находим универсальные выражения, определяющие коэффициенты теплопередачи для гладких, оребренных, обдуваемых и не обдуваемых термосифонов:

жидкостных –

$$K_a \approx 1 + 0,45(\alpha_B + K_p) + 0,2 K_p \cdot \alpha_B; \quad (3.22)$$

испарительных –

$$K_a \approx 0,15 + 0,35K_p + 0,25 \alpha_B + 0,65\alpha_B \cdot K_p \quad (3.23)$$

Установленные закономерности теплообмена в системе атмосфера – термосифон – грунт можно записать в виде системы взаимосвязанных уравнений, определяющих теплообмен вообще и формирование температурного режима в термосифонах в частности:

$$\begin{aligned}
T &= \varphi \cdot T_a + t_r; \\
\varphi &= G \cdot \Phi = 1/[1 + K_r \cdot F_r/(K_a \cdot F_a)]; \\
K_a &= 1 + 0,45(\alpha_B + K_p) + 0,2 K_p \cdot \alpha_B; \\
K_r &= 1/[1/\alpha_r + (r \ln 0,5/r)/\lambda_M].
\end{aligned}
\tag{3.24}$$

Система уравнений позволяет приближенно определить температуру теплоносителя в жидкостных термосифонах.

Таблица 3.2 – Температурные параметры термосифонов, определяемые расчетным путем (Φ_p) и по эмпирическим зависимостям (Φ_a)

v , м/с	1,0		4,0		8,0		15,0	
α_b , Вт/(м ² ·К)	12,2		28,1		50,8		84,0	
G	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
F_T/F_a	2,3	9,0	2,3	9,0	2,3	9,0	2,3	9,0
K_a , Вт/(м ² ·К)	9,35	9,35	21,8	21,8	38,6	38,6	—	63,2
K_T , Вт/(м ² ·К)	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	—	8,84
φ	0,315	0,105	0,517	0,215	0,655	0,327	—	0,442
Φ_p	1,05	1,05	1,72	2,15	2,18	3,27	—	4,42
Φ_a	1,1	1,1	2,25	2,25	2,73	2,73	—	3,25

Представляет интерес сравнение результатов, получаемых с помощью уравнения (3.24) и эмпирических формул (3.2) расчеты (таблица 3.1) выполнены при следующих исходных данных:

$$r = 0,05 \text{ м}; \alpha_a = 40 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \alpha_T = 33 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

$$\lambda_M = 1,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; K_p = 1.$$

Как видно из сравнения приведенных в таблице примеров, расчетные значения коэффициентов тепловой эффективности термосифонов Φ довольно хорошо согласуются с результатами, полученными по эмпирическим зависимостям.

Зная параметры термосифона, можно определить радиус мерзлого цилиндра, образующегося вокруг подземного теплообменника. По величине радиуса назначается шаг установки термосифонов в мерзлотной завесе нижней противофильтрационной дамбы; он назначен равным 2 метрам. В работе также предлагается создание плотины мерзлотного типа ограждающей накопитель бытовых стоков. Применяя шаг установки термосифонов равным 2 метрам, потребуется установка 260 термосифонов, при длине плотины равной 520 метрам.

4 Система мониторинга накопителя

Процесс образования температурно-фильтрационного и деформационного режимов грунтовых гидротехнических сооружений на Севере растягивается на долгие годы. При таком процессе формирования изменяется схема статической работы сооружения и его основания, в корне изменяется температурно-фильтрационный режим, а также изменяются и другие параметры.

Кроме обычного гидростатического, механического и физико-химического воздействия воды гидротехнические сооружения испытывают также ее отепляющее влияние и разрушающее воздействие колебаний температур воздуха с внутригодовой амплитудой до 100 градусов, при этом серьезным отрицательным фактором являются и многократные фазовые переходы воды, содержащейся в материале сооружений. В итоге, главной особенностью северных грунтовых плотин и дамб, возводимых на мерзлых грунтах является зависимость их статической и фильтрационной устойчивости от термического режима грунтов тела и основания, которая формируется в процессе строительства и эксплуатации сооружения. Поэтому основным и актуальным вопросом является вопрос контроля и прогноза температурного режима сооружения, а именно возможность управления этим режимом.

Из-за сурового климата, сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условий, экологического риска, а также рассмотрения вопросов в случае отсутствия альтернативных источников водоснабжения, были выявлены специальные требования к следующим положениям:

- размещению и составу контрольно-измерительной аппаратуры (КИА);
- срокам и периодичности наблюдений;
- контролю за термическим режимом сооружений, который является определяющим фактором их фильтрационного и деформационного

состояния;

— назначению контролируемых показателей и критериев безопасности.

Состав параметров, определяющих состояние сооружения и эффективность работы ее конструктивных элементов, за которыми нужно контролировать определяются при проектировании и зависят от класса сооружения их конструктивно-технологических решений и назначения, а также характерных особенностей природных условий, т.е. главных факторов, которые влияют на формирование и регулирование эксплуатационного режима и поставленной цели при выполнении натурных наблюдений.

В результате визуальных наблюдений и данных, полученных с помощью контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) оценивается состояние сооружения оценивается в период его возведения и эксплуатации. Общее количество КИА оборудованной на сооружениях может составлять несколько сотен, а число операций по обработке и анализу результатов наблюдений – несколько тысяч.

Для создания систем автоматизированного дистанционного контроля безопасной эксплуатации предприятий должны учитываться следующие факторы:

- компьютерные системы сбора и анализа данных;
- современные высокотехнологичные и точные средства измерений;
- современные высокоскоростные средства связи, в том числе беспроводные;
- специализированное программное обеспечение для обработки результатов измерений и системы управления базами данных.

«Автоматизированная система дистанционного контроля (АСДК) «Плотина»» созданной в «Центре исследований экстремальных ситуаций» (ЦИЭКС) применяется для мониторинга состояния гидротехнических

сооружений и с успехом используется на некоторых предприятиях Сибири. На её основе специалистами ЦИЭКС была разработана экспериментальная система мониторинга для гидротехнических сооружений с учетом специфических условий эксплуатации сооружений в экстремальных условиях Крайнего Севера. Основные плюсы системы состоят в том, что конструктивные, технологические и технико-экономические параметры разработок обеспечивают функционирование элементов системы в экстремальных климатических условиях, а также максимальную гибкость системы в процессе неизбежного развития и расширения сооружения, ремонтпригодность и устойчивость работы в полевых условиях. Автоматизация и дистанционные средства обеспечивают сбор данных в режиме реального времени или с заданной периодичностью, позволяют отслеживать изменения в состоянии объектов, сравнивать результаты измерений с критическими значениями.

Целью применения разработанной системы является круглосуточный и круглогодичный контроль за температурным и фильтрационным режимами грунтовых гидротехнических сооружений. Система разработана на основе применения современных высокоточных средств измерения, передачи данных и специализированного программного обеспечения, позволяющего проводить системный анализ получаемых данных. Система может перейти к полной автоматизации контроля и вести долгосрочную базу измерений. Конструктивные и технологические решения обеспечивают длительную и бесперебойную эксплуатацию системы в течение всего срока службы объекта.

В системе заложен модульный принцип построения аппаратной части и расширение ее функциональных возможностей в зависимости от изменения характеристик объектов контроля, изменения состава контрольно-измерительной аппаратуры. Например, в ходе эксплуатации хвостохранилища ведется неизбежное увеличение его параметров с целью

вмещения новых отходов обогащения, это предполагает оборудование новых створов КИА, которые по мере оборудования подключаются к АСДК.

Подсистема термометрических и пьезометрических измерений – предназначена для температурного и фильтрационного мониторинга сооружений и имеет следующие основные характеристики:

- измерение температурного режима с шагом 1м по всей глубине термоскважины при общем количестве датчиков в термогирлянде до 128шт;
- общее количество термогирлянд и пьезодатчиков в системе до 255шт;
- точность измерения $\pm 0,5$ градусов в диапазоне до ± 40 градусов;
- диапазон измеряемых глубин в пьезоскважинах 0-60м с точностью до 1см;
- представление информации об уровнях воды в абсолютной системе координат;
- влагозащитные корпуса термодатчиков;
- программная коррекция результатов измерений;
- возможность отображения результатов измерений в табличном, графическом видах, а также построения пространственно-временного распределения температур и депрессионных поверхностей;
- безопасное извлечение термогирлянд в случае замораживания скважины.

Средствами энергопитания АСДК являются:

- устройства первичного электропитания;
- устройства автономного питания;
- инверторные устройства;
- кабели дистанционного питания;
- DC-DC преобразователи.

В качестве средств дистанционного питания используются соответствующие шины информационного кабеля. При этом напряжение на

линии дистанционного питания прогрессивно падает по мере удаления от места подключения магистрального питания. Это объясняется наличием на кабеле распределенной нагрузки в виде подключенных блоков и устройств.

Применение DC-DC преобразователей (трансформаторов постоянного тока) позволяет снизить нагрузку на шины дистанционного питания. За счет обратных связей обеспечивается эффективная стабилизация выходного напряжения при широком диапазоне изменения входных напряжений.

Снижению нагрузки способствует алгоритм взаимодействия с устройствами АСДК, при котором постоянно на шинах питания будут находиться только те устройства, к которым адресуется система. В дежурном режиме находятся лишь дежурные устройства системы, обладающие минимальным энергопотреблением.

Устройства передачи данных обеспечивают функциональную физическую связь всех структурных элементов АСДК. Задачи, решаемые подсистемой передачи данных:

- преобразование данных первичных измерительных устройств в цифровой вид посредством аналого-цифровых преобразователей;
- передача полученных данных на центральный компьютер системы по электрическому кабелю и по радиоканалу;
- обеспечение двустороннего взаимодействия компьютера и удаленных элементов системы с целью измерений, калибровки и настройки измерительных средств.

Программное обеспечение позволяет связать весь комплекс аппаратно-технических средств в единую систему и выполняет следующие задачи:

- обеспечивает пользователю необходимый диалоговый интерфейс;
- обеспечивает сопряжение компьютера с аппаратным уровнем системы и программным обеспечением микроконтроллерных средств;
- поддерживает необходимые сетевые протоколы и содержит

механизм для взаимодействия с зарегистрированными устройствами системы;

- обеспечивает создание баз данных и накопление информации об уровнях фильтрационных вод в скважинах, данных температурных измерений;

- имеет средства автоматического оповещения в случаях приближения измеряемых параметров к критическим отметкам;

- обеспечивает визуализацию депрессионных кривых, температурных распределений и другой информации в виде удобном для пользователя.

Измерительные устройства системы могут работать в сетевом, автономном и комбинированном режимах. Под сетевым режимом работы оборудования понимается его объединение в единую сеть в пределах сооружения посредством кабеля и радиосредств. Электропитание элементов системы осуществляется дистанционно по кабелю. По кабелю же могут передаваться информационные и управляющие сигналы. Общая длина кабеля питания и информационного обмена в зависимости от структуры АСДК может достигать 5 км. Однако, на практике существуют отдельные участки трассы, где прокладка кабеля затруднена – дороги, коммуникации, длинные участки трасс, водные и болотистые преграды и др. Средства радиосвязи позволяют обходить эти препятствия и обеспечивать связь на несколько километров. Например, при прокладке кабельных связей АСДК для термоконтроля плотины маневровой емкости хвостохранилища, длина кабеля составила бы 2.5 км, при этом большая его часть проходила бы через тайгу и скалы, пересекая при этом дороги, канавы и высоковольтную ЛЭП. Применяв средства радиосвязи, длину кабеля уменьшили до 500 м только для соединения в сеть термоскважин в пределах плотины. Применение радиосредств в условиях большого пространственного разброса контролируемых объектов придает ей важные свойства универсальности.

Система может быть легко настроена на свойства того или иного объекта вне зависимости от их особенностей.

Проведение измерений производится централизованно по командам с центрального компьютера, при этом расстояние до наиболее удаленных наблюдательных скважин достигает 2.5 км. Информация о температуре грунта или уровне воды преобразуется в цифровой вид непосредственно в месте измерения и передается на центральный компьютер. Такой подход позволяет исключить погрешности, обусловленные передачей данных на значительные расстояния. Центральный компьютер соединяется с измерительной сетью посредством радиомодема, при этом расстояние ограничено только пределами прямой видимости.

Полный опрос всех измерительных устройств системы в зависимости от ее объема составляет несколько минут. Во избежание случайных погрешностей и флуктуаций в процессе измерений все датчики производят до нескольких десятков измерений за цикл, конечный результат усредняется и последовательно передается на центральный компьютер, что повышает достоверность измеренных данных.

Измерения могут проводиться в ручном и автоматическом режимах. Посылка запроса в автоматическом режиме осуществляется программно с заранее установленным периодом измерений. Прием и сохранение результатов измерений производятся так же автоматически.

Автоматический контроль состояния системы. В промежутках между измерениями система производит периодические запросы с целью постоянного контроля наличия связи, работоспособности аппаратуры и целостности кабеля. Если после очередного запроса не отвечает какой-либо датчик, система проинформирует об этом.

Телеметрия ответственных параметров. В системе предусмотрена возможность получения телеметрической информации технологического характера. Системное программное обеспечение позволяет вести взаимодействие с аппаратной частью в режиме реального времени,

автоматически пополнять информационные базы данных различного характера. Результаты измерений могут быть просмотрены и проанализированы за любой промежуток времени в табличном и графическом видах. Целью визуализации результатов измерений является предварительный анализ полученных данных, качественная оценка существующей динамики изменения свойств объекта. Программное обеспечение имеет средства автоматического формирования печатных отчетов и средства экспорта результатов измерений в другие программы. Ведутся работы по усовершенствованию системы с целью визуализации результатов в трехмерном виде.

Основные технические, конструктивные и технологические решения направлены на надежную эксплуатацию системы в экстремальных природно-климатических условиях:

- эффективная термоизоляция и влагозащита по классу не ниже IP 54;
- защита термодатчиков и датчиков уровня по классу не ниже IP 68
- автоматическое термостатирование блоков и устройств открытого размещения для работы при температуре до минус 60 градусов;
- телеметрический дистанционный контроль температуры внутри блоков открытого размещения.

Преимуществами применения системы являются:

- единая концепция применения современных контрольно-измерительных систем и технологий их монтажа, позволяющая организовать централизованное сервисное обслуживание;
- при оборудовании АСДК, во всех термоскважинах плотины установлены приборы одного типа, соединенные в единую сеть и выведенные на общий пульт сбора данных измерений;
- высокая достоверность и оперативность проведения измерений. Благодаря средствам дистанционного доступа данные

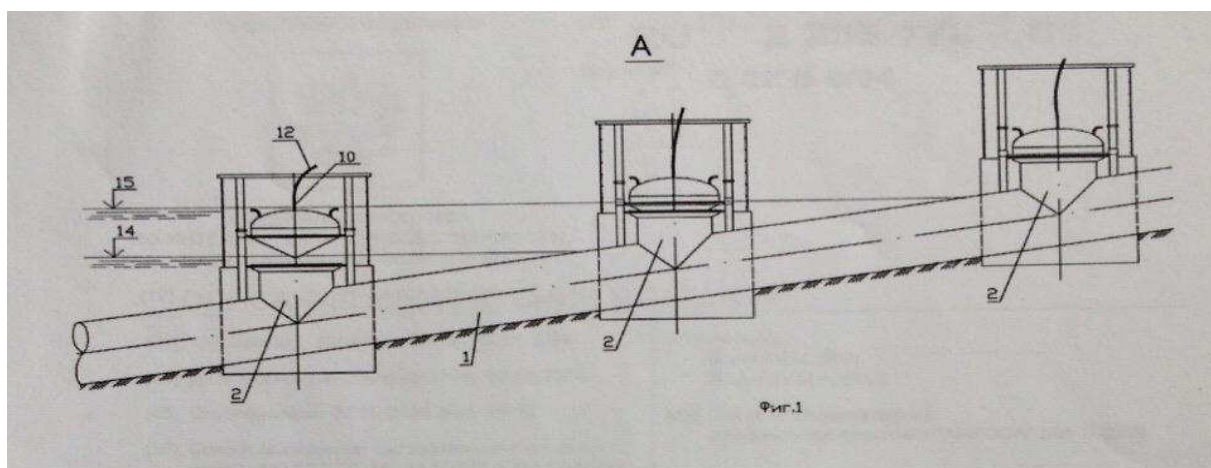
замеров могут быть получены в любой момент оперативно и достоверно, без соответствующего этапа камеральной обработки. Работа системы в режиме реального времени, большой объем накопленной информации, специализированные программные средства анализа позволяют говорить о дальнейшем развитии системы в направлении разработки методов прогнозирования, предупреждения и оповещения об аварийных ситуациях.

Разработка и внедрение автоматизированной системы дистанционного контроля преследует собой цель планомерной замены морально и технически устаревших, ненадежных контрольно-измерительных систем старого поколения, не соответствующих современным требованиям по обеспечению безопасной эксплуатации ответственных гидротехнических сооружений.

5 Водосброс осветленной воды из верхней секции

Для сброса воды из верхней секции нами предусмотрен водосброс, конструкция которого основана на патенте №2255172 от 26.01.2010г.

Колодец содержит бетонное основание и водослив, дополнительно снабжен плавковым затвором автоматического действия с воздуховыпускным патрубком, расположенным в центре поверхности затвора, и симметрично размещенными в его полости водовыпускными патрубками, причем поплавковый затвор установлен с возможностью движения по высоте на полых направляющих, соединенных одним концом с полостью коллектора, а другим с атмосферой. Воздуховыпускной патрубок поплавкового затвора может быть снабжен шлангом, выведенным над поверхностью воды. Изобретение позволяет повысить надежность работы сооружения и упростить его эксплуатацию.



1 – водосбросной коллектор наклонного типа; 2 – водоприемный колодец; 10 – воздуховыпускной патрубок поплавкового затвора; 12 – полиэтиленовый шланг; 14 – уровень воды всплытия поплавкового затвора; 15 – уровень воды затопления поплавкового затвора

Рисунок 5.1 – Продольный профиль водосбросного коллектора с
водоприемными колодцами

Предлагаемое изобретение относится к оборудованию водосбросных сооружений хвостохранилищ, а именно водосбросных коллекторов наклонного типа.

Известны водоприемные колодцы шахтного типа с водоприемными отверстиями в стенках колодца, с определенным шагом по высоте, перекрываемыми по мере подъема уровня воды в хвостохранилище шандорными щитами. Шахтные колодцы являются наиболее ответственными сооружениями водосбросного тракта хвостохранилища, требующими из-за больших нагрузок (вертикальных и горизонтальных) надежных фундаментов и железобетонных конструкций высоких прочных марок. Эксплуатация их сопряжена с ручным трудом и привлечением плавсредств.

Известно сооружение для удаления осветленной воды из хвостохранилища, включающее наклонный сбросной коллектор с расположенными по его длине отверстиями и установленными на них затворами в виде пустотелого шарнирно закрепленного элемента, имеющего вертикальные трубки разной длины, через которые внутренняя полость затвора сообщается с наружной средой, и рычаг, взаимодействующий с пустотелым элементом вышележащего затвора, а также обратный клапан в нижней части пустотелого элемента.

В этом сооружении отсутствуют водоприемные колодцы. Вместо них в коллекторе предусмотрена сплошная продольная щель, перекрываемая затворами, следующими друг за другом по всей длине коллектора. При этом поверхность коллектора должна выступать над дневной поверхностью земли. Кроме того, склон борта хвостохранилища имеет обычно крутизну 1:10, что требует при высотном интервале 0,5м не менее 5м; рычаги же затворов будут еще длиннее, что ставит под сомнением работоспособность системы в условиях штормовой погоды, т.к. шарнирные крепления затворов будут испытывать большие динамические нагрузки, т.е. конструкция ненадежна. В

практике же строительства водосбросных коллекторов предусматривается преимущественно подземная прокладка коллектора с устройством на них водоприемных колодцев, для которых данная конструкция затворов непригодна.

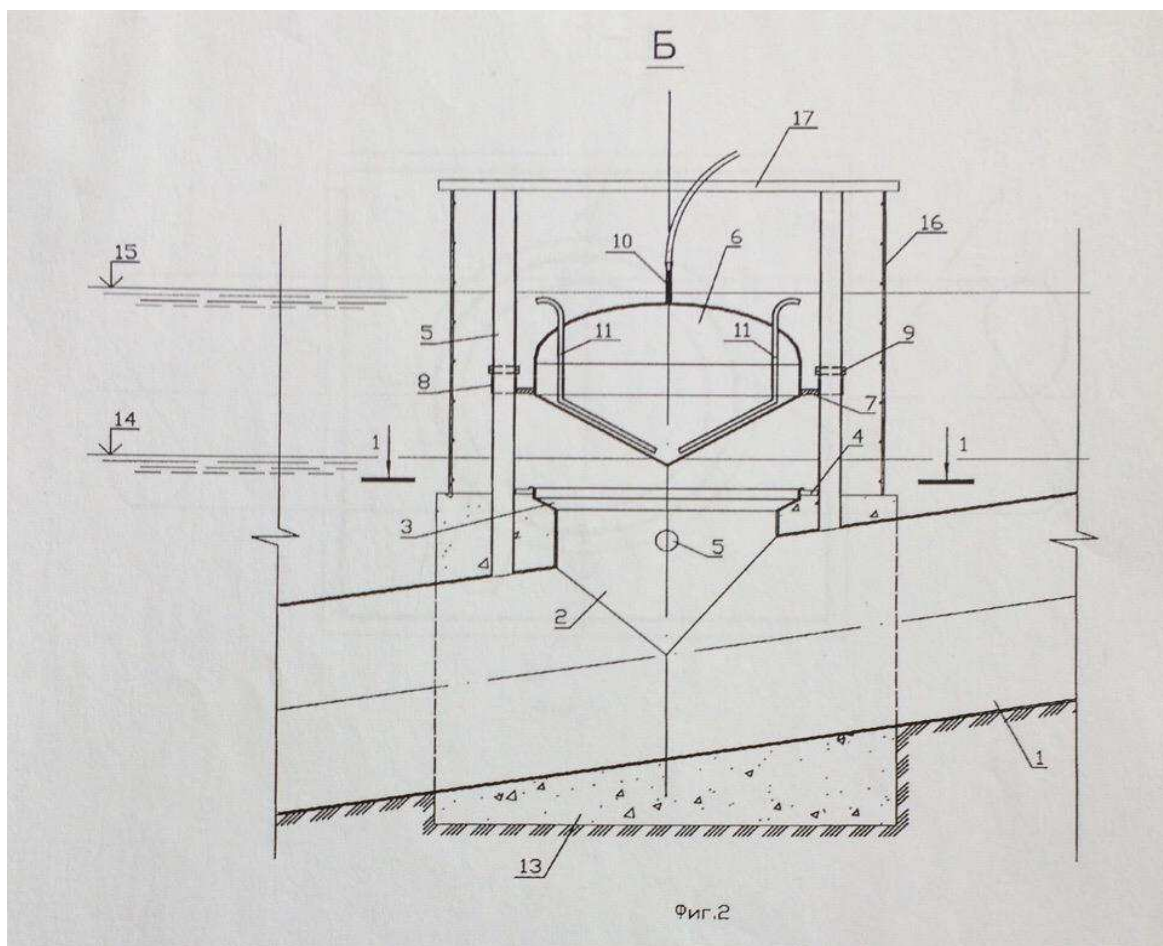
Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является водосбросной колодец для отвода осветленной воды с карты намыва. Колодец установлен на бетонном основании, соединен с выпускным трубопроводом и имеет водослив с поплавками. Водослив прикреплен к основанию с возможностью вертикального перемещения через сиффон – горловину колодца.

В конструкции колодца отсутствует затворное устройство, поэтому она применима как временное водосбросное сооружение на период возведения плотины намывным способом. Для колодцев на водосбросных (водовыпускных) коллекторах хвостохранилищ эта конструкция неприменима из-за ненадежности стенок горловины, выполненной гофрами сиффона.

Целью предлагаемого изобретения являются повышение надежности и облегчение эксплуатации водоприемного колодца на водосбросном коллекторе наклонного типа.

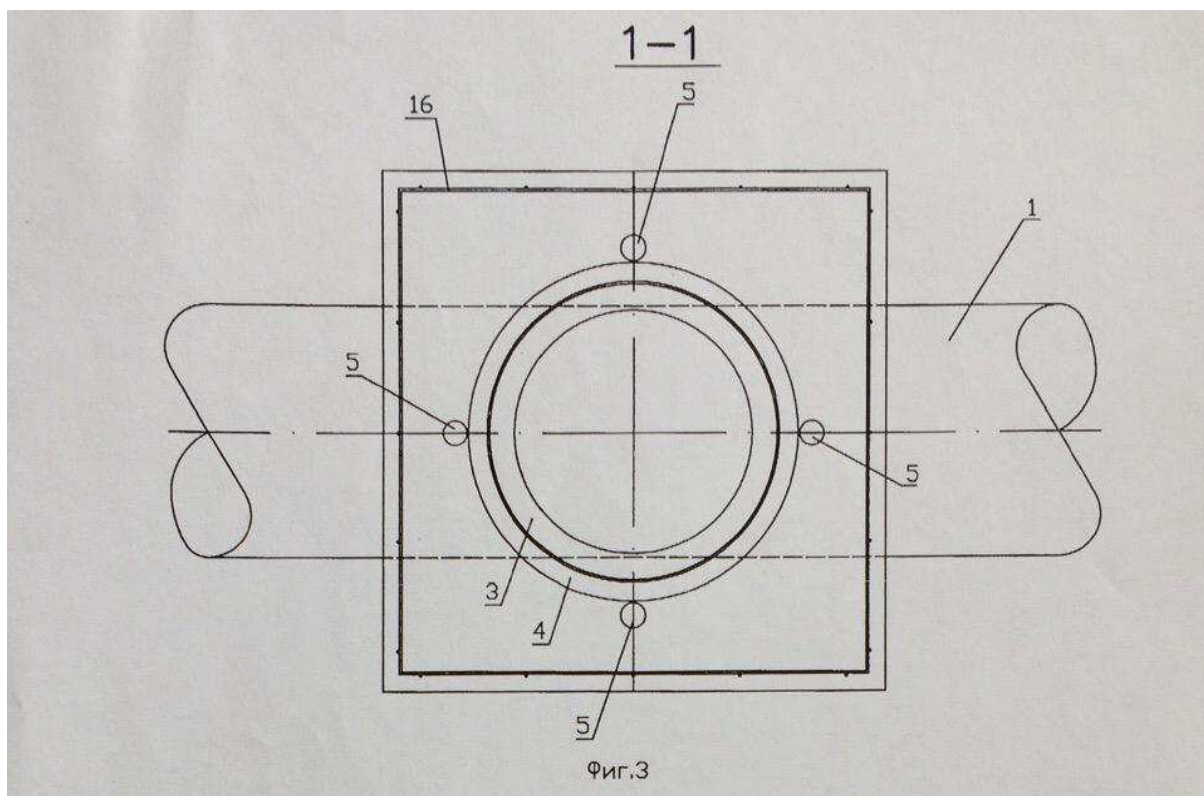
Указанная цель достигается тем, что водоприемный колодец на водосбросном коллекторе наклонного типа, содержащий бетонное основание и водослив, дополнительно снабжен поплавковым затвором автоматического действия с воздуховыпускным патрубком, расположенным в центре поверхности затвора, и симметрично размещенными водовыпускными патрубками, причем поплавковый затвор установлен с возможностью движения по высоте на полых направляющих, соединенных одним концом с полостью коллектора, а другим – с атмосферой.

А воздуховыпускной патрубок снабжен шлангом, выведенным над поверхностью воды.



1 – водосборной коллектор наклонного типа; 2 – водоприемный колодец; 3 – водослив водоприемного колодца; 4 – фланец по периметру водослива; 5 – направляющие устройства для поплавкового затвора; 6 – поплавковый затвор; 7 – опорный фланец поплавкового затвора; 8 – кольца, фиксирующие положение поплавкового затвора; 9 – ограничитель всплытия затвора; 10 – воздуховыпускной патрубок поплавкового затвора; 11 – водовыпускные патрубки поплавкового затвора; 12 – полиэтиленовый шланг; 13 – железобетонный фундамент водоприемного колодца; 14 – уровень воды всплытия поплавкового затвора; 15 – уровень воды затопления поплавкового затвора; 16 – сороудерживающее ограждение водоприемного колодца с опорами под площадку обслуживания; 17 – площадка обслуживания

Рисунок 5.2 – Водоприемный колодец в разрезе



1 – водосбросной коллектор наклонного типа; 3 – водослив водоприемного колодца; 4 – фланец по периметру водослива; 5 – направляющие устройства для поплавкового затвора; 16 – сороудерживающее ограждение водоприемного колодца с опорами под площадку обслуживания

Рисунок 5.3 – План колодца по 1 – 1

Водосбросной коллектор 1 прокладывается в строительный период по косоугру сразу до конечных отметок заполнения хвостохранилища. Водоприемные колодцы 2 на коллекторе 1 устанавливаются с определенным интервалом высот, не превышающим обычно одного метра – возможной высоты слоя осветленной воды. Вход в водоприемное отверстие колодца 2 оснащен водосливом 3 с фланцем 4 по его наружному периметру.

Колодец 2 имеет направляющие стойки 5, выполненные из труб, внутреннее пространство коллектора 1 сообщается с атмосферой, то есть они являются противовакуумными трубками. Вход в колодец 2 закрывается затвором 6 с полым корпусом, имеющим по внешнему периметру фланец 7, которым затвор опирается на фланец 4 водослива 3. К фланцу 7 приварены

кольца 8, которыми затвор 6 надет на направляющие стойки 5, чем достигается фиксация планового положения затвора 6. После посадки затвора 6 на водослив 3 на направляющих стойках 5 устанавливаются ограничители 9, определяющие границу вертикального подъема затвора 6.

Затвор в центре своей поверхности имеет воздуховыпускной патрубок 10, а внутри корпуса водовыпускные патрубки 11, выведенные на периферийную поверхность затвора.

На воздуховыпускной патрубок 10 надевается шланг 12 с положительной плавучестью (полиэтиленовый), длина которого превышает диапазон высоты работы колодца. Фундамент 13 колодца 2 имеет обычно железобетонное исполнение.

Высотный диапазон работы колодца 2 задается уровнями включения 14 и отключения 15, т.е. всплытия и затопления поплавкового затвора 6.

При необходимости водоприемный колодец 2 может оборудоваться сороудерживающим устройством 16 и площадкой обслуживания 17.

Работа колодца происходит следующим образом. При подъеме воды в хвостохранилище до уровня 14, несколько превышающего отметку поверхности фланца 4 водослива 3, поплавковый затвор 6 всплывает и колодец 2 вступает в работу. Затвор 6 скользит по вертикальным направляющим 5, но удерживается в плановом положении кольцами 8, приваренными к фланцу 7 затвора, этим предотвращается образование вакуума в коллекторе 1 и в горловине колодца 2, способного препятствовать свободному подъему затвора 6. Работа колодца 2 продолжается до тех пор, пока уровень воды в хвостохранилище не достигнет заданного уровня 15.

По достижению уровня 15 корпус затвора 6 заполняется водой через водовыпускные патрубки 11, а воздух из полости затвора 6 вытесняется в атмосферу через воздуховыпускной патрубок 10 с полиэтиленовым шлангом 12. Это обусловлено тем, что ограничитель всплытия 9 затвора 6 на направляющих 5 установлен так, чтобы уровень входа в водовыпускные патрубки 11 соответствовал заданному уровню 15 затопления затвора 6.

Затонув, затвор 6 принимает исходное положение, опираясь фланцем 7 на фланец 4 водослива 3, т.е. закрывая приемное отверстие колодца 2, а уровень воды в хвостохранилище будет возрастать до включения в работу следующего по высоте колодца.

При необходимости понижения уровня воды в хвостохранилище возможно повторное открытие водослива 3 колодца 2. Для этого через полиэтиленовый шланг 12, свободный конец которого всегда будет на поверхности воды благодаря своей положительной плавучести, подается воздух, например компрессором в корпус затвора 6. Воздух вытесняет воду из корпуса затвора через патрубки 11, открывая водослив 3 колодца 2.

6 Нормативно-правовое обоснование предлагаемых технических решений

На гидроузле хвостохранилище проводятся природоохранные мероприятия, которые должны быть согласованы и регламентированы следующими законами: ФЗ «Об охране окружающей природной среды», Водным кодексом РФ, Земельным кодексом РФ от 25.04.91 № 1103-1, Федеральным законом № 117 - ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».

6.1 Федеральные законы

ФЗ «Об охране окружающей природной среды». Настоящий Федеральный закон определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

Хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов

Российской Федерации, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе следующих принципов:

— соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;

— обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;

— научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды;

— охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;

— ответственность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях;

— платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде;

— независимость контроля в области охраны окружающей среды;

— презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности;

— обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности;

— обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать негативное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан;

— учет природных и социально-экономических особенностей территорий при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности;

— приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов;

— допустимость воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную среду исходя из требований в области охраны окружающей среды;

— обеспечение снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, которого можно достигнуть на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов;

— обязательность участия в деятельности по охране окружающей среды органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц;

— сохранение биологического разнообразия;

— обеспечение интегрированного и индивидуального подходов к установлению требований в области охраны окружающей среды к субъектам хозяйственной и иной деятельности, осуществляющим такую деятельность или планирующим осуществление такой деятельности;

— запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды;

— соблюдение права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду, в соответствии с законодательством;

— ответственность за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды;

— организация и развитие системы экологического образования, воспитание и формирование экологической культуры;

— участие граждан, общественных и иных некоммерческих объединений в решении задач охраны окружающей среды;

— международное сотрудничество Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

Объектами охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности являются:

— земли, недра, почвы;

— поверхностные и подземные воды;

— леса и иная растительность, животные и другие организмы и их генетический фонд;

— атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство.

В первоочередном порядке охране подлежат естественные экологические системы, природные ландшафты и природные комплексы, не подвергшиеся антропогенному воздействию.

Земельный кодекс. Настоящий кодекс и изданные в соответствии с ним иные акты земельного законодательства основываются на следующих принципах:

— учет значения земли как основы жизни и деятельности человека, согласно которому регулирование отношений по использованию и

охране земли осуществляется исходя из представлений о земле как о природном объекте, охраняемом в качестве важнейшей составной части природы, природном ресурсе, используемом в качестве средства производства в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве и основы осуществления хозяйственной и иной деятельности на территории Российской Федерации, и одновременно как о недвижимом имуществе, об объекте права собственности и иных прав на землю;

— приоритет охраны земли как важнейшего компонента окружающей среды и средства производства в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве перед использованием земли в качестве недвижимого имущества, согласно которому владение, пользование и распоряжение землей осуществляются собственниками земельных участков свободно, если это не наносит ущерб окружающей среде;

— приоритет охраны жизни и здоровья человека, согласно которому при осуществлении деятельности по использованию и охране земель должны быть приняты такие решения и осуществлены такие виды деятельности, которые позволили бы обеспечить сохранение жизни человека или предотвратить негативное (вредное) воздействие на здоровье человека, даже если это потребует больших затрат;

— единство судьбы земельных участков и прочно связанных с ними объектов, согласно которому все прочно связанные с земельными участками объекты следуют судьбе земельных участков, за исключением случаев, установленных федеральными законами;

— приоритет сохранения особо ценных земель и земель особо охраняемых территорий, согласно которому изменение целевого назначения ценных земель сельскохозяйственного назначения, земель, занятых защитными лесами, земель особо охраняемых природных территорий и объектов, земель, занятых объектами культурного наследия, других особо ценных земель и земель особо охраняемых территорий для иных целей

ограничивается или запрещается в порядке, установленном федеральными законами. Установление данного принципа не должно толковаться как отрицание или умаление значения земель других категорий; (в ред. Федеральных законов от 21.12.2004 N 172-ФЗ, от 04.12.2006 N 201-ФЗ)

— деление земель по целевому назначению на категории, согласно которому правовой режим земель определяется исходя из их принадлежности к определенной категории и разрешенного использования в соответствии с зонированием территорий и требованиями законодательства; (в ред. Федерального закона от 22.07.2008 N 141-ФЗ).

Земли в Российской Федерации по целевому назначению подразделяются на следующие категории:

- 1) земли сельскохозяйственного назначения;
- 2) земли населенных пунктов; (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ)
- 3) земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения;
- 4) земли особо охраняемых территорий и объектов;
- 5) земли лесного фонда;
- 6) земли водного фонда;
- 7) земли запаса.

Использование земель должно осуществляться способами, обеспечивающими сохранение экологических систем, способности земли быть средством производства в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве, основой осуществления хозяйственной и иных видов деятельности.

Целями охраны земель являются:

— предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель, других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности;

— обеспечение улучшения и восстановления земель, подвергшихся деградации, загрязнению, захламлению, нарушению, другим негативным (вредным) воздействиям хозяйственной деятельности.

В целях охраны земель собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы и арендаторы земельных участков обязаны проводить мероприятия по:

— защите земель от водной и ветровой эрозии, селей, подтопления, заболачивания, вторичного засоления, иссушения, уплотнения, загрязнения радиоактивными и химическими веществами, захламления отходами производства и потребления, загрязнения, в том числе биогенного загрязнения, и других негативных (вредных) воздействий, в результате которых происходит деградация земель;

— ликвидации последствий загрязнения, в том числе биогенного загрязнения, и захламления земель;

— сохранению плодородия почв и их использованию при проведении работ, связанных с нарушением земель.

Водный кодекс – водное законодательство Российской Федерации регулирует отношения в области использования и охраны водных объектов в целях обеспечения прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду; поддержания оптимальных условий водопользования; качества поверхностных и подземных вод в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям; защиты водных объектов от загрязнения, засорения и истощения; предотвращения или ликвидации вредного воздействия вод, а также сохранения биологического разнообразия водных экосистем.

Цели водного законодательства Российской Федерации реализуются на основе принципа устойчивого развития (сбалансированного развития экономики и улучшения состояния окружающей природной среды).

Основные принципы водного законодательства:

— значимость водных объектов в качестве основы жизни и деятельности человека. Регулирование водных отношений осуществляется исходя из представления о водном объекте как о важнейшей составной части окружающей среды, среде обитания объектов животного и растительного мира, в том числе водных биологических ресурсов, как о природном ресурсе, используемом человеком для личных и бытовых нужд, осуществления хозяйственной и иной деятельности, и одновременно как об объекте права собственности и иных прав;

— приоритет охраны водных объектов перед их использованием. Использование водных объектов не должно оказывать негативное воздействие на окружающую среду;

— сохранение особо охраняемых водных объектов, ограничение или запрет использования которых устанавливается федеральными законами;

— целевое использование водных объектов. Водные объекты могут использоваться для одной или нескольких целей;

— приоритет использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения перед иными целями их использования. Предоставление их в пользование для иных целей допускается только при наличии достаточных водных ресурсов;

— участие граждан, общественных объединений в решении вопросов, касающихся прав на водные объекты, а также их обязанностей по охране водных объектов. Граждане, общественные объединения имеют право принимать участие в подготовке решений, реализация которых может оказать воздействие на водные объекты при их использовании и охране. Органы государственной власти, органы местного самоуправления, субъекты

хозяйственной и иной деятельности обязаны обеспечить возможность такого участия в порядке и в формах, которые установлены законодательством Российской Федерации;

— равный доступ физических лиц, юридических лиц к приобретению права пользования водными объектами, за исключением случаев, предусмотренных водным законодательством;

— равный доступ физических лиц, юридических лиц к приобретению в собственность водных объектов, которые в соответствии с настоящим Кодексом могут находиться в собственности физических лиц или юридических лиц;

— регулирование водных отношений в границах бассейновых округов (бассейновый подход);

— регулирование водных отношений в зависимости от особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей;

— регулирование водных отношений исходя из взаимосвязи водных объектов и гидротехнических сооружений, образующих водохозяйственную систему;

— гласность осуществления водопользования. Решения о предоставлении водных объектов в пользование и договоры водопользования должны быть доступны любому лицу, за исключением информации, отнесенной законодательством Российской Федерации к категории ограниченного доступа;

— комплексное использование водных объектов. Использование водных объектов может осуществляться одним или несколькими водопользователями;

— платность использования водных объектов. Пользование водными объектами осуществляется за плату, за исключением случаев, установленных законодательством Российской Федерации;

— экономическое стимулирование охраны водных объектов. При определении платы за пользование водными объектами учитываются расходы водопользователей на мероприятия по охране водных объектов;

— использование водных объектов в местах традиционного проживания коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации для осуществления традиционного природопользования.

В зависимости от физико-географических, гидрорежимных и других признаков водные объекты подразделяются на:

- поверхностные водные объекты;
- внутренние морские воды;
- территориальное море Российской Федерации;
- подземные водные объекты.

Поверхностные водные объекты состоят из поверхностных вод, дна и берегов.

Поверхностные водные объекты имеют многофункциональное значение и могут предоставляться в пользование для одной или нескольких целей одновременно.

Поверхностные водные объекты подразделяются на:

- поверхностные водотоки и водохранилища на них;
- поверхностные водоемы;
- ледники и снежники.

Поверхностные водоемы - поверхностные водные объекты, воды которых находятся в состоянии замедленного водообмена.

К поверхностным водоемам относятся озера, водохранилища, болота и пруды.

Обособленные водные объекты относятся к недвижимому имуществу и являются составной частью земельного участка. Положения водного законодательства Российской Федерации применяются к обособленным

водным объектам в той мере, в какой это не противоречит гражданскому законодательству.

Использование водохранилищ осуществляется в соответствии с правилами использования водохранилищ, включающими в себя правила использования водных ресурсов водохранилищ и правила технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ.

Правилами использования водных ресурсов водохранилищ определяется режим их использования, в том числе режим наполнения и сработки водохранилищ. Правилами технической эксплуатации и благоустройства водохранилищ определяется порядок использования их дна и берегов. Установление режимов пропуска паводков, специальных попусков, наполнения водохранилищ осуществляется уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти в соответствии с положениями настоящей статьи 45. Водного кодекса Российской Федерации.

Использование водных объектов для целей производства электрической энергии осуществляется с учетом интересов других водопользователей и с соблюдением требований рационального использования и охраны водных объектов.

Водопользователи, эксплуатирующие гидроэнергетические сооружения, обязаны обеспечить режим сработки и наполнения водохранилищ с учетом приоритета целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» - настоящий Федеральный закон регулирует отношения, возникающие при осуществлении деятельности по обеспечению безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, реконструкции, восстановлении, консервации и ликвидации гидротехнических сооружений, устанавливает обязанности органов государственной власти, собственников гидротехнических сооружений и

эксплуатирующих организаций по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений (в ред. Федерального закона от 18.12.2006 N 232-ФЗ).

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений осуществляется на основании следующих общих требований:

— обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений;

— представление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;

— государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений; (в ред. Федерального закона от 10.01.2003 N 15-ФЗ)

— непрерывность эксплуатации гидротехнических сооружений;

— осуществление мер по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, в том числе установление критериев их безопасности, оснащение гидротехнических сооружений техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием, обеспечение необходимой квалификации работников, обслуживающих гидротехническое сооружение;

— необходимость заблаговременного проведения комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях;

— ответственность за действия (бездействие), которые повлекли за собой снижение безопасности гидротехнических сооружений ниже допустимого уровня.

Собственник гидротехнического сооружения или эксплуатирующая организация представляет декларацию безопасности гидротехнического сооружения в установленном законодательством Российской Федерации порядке в уполномоченные федеральные органы исполнительной власти. Поступление в указанный орган декларации безопасности гидротехнического

сооружения, разрабатываемой в составе проектной документации, прошедшей государственную экспертизу в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности, либо утверждение таким органом декларации безопасности гидротехнического сооружения, составляемой на стадии эксплуатации, вывода из эксплуатации гидротехнического сооружения, а также после его реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации, является основанием для внесения гидротехнического сооружения в Регистр и получения разрешения на эксплуатацию или вывод из эксплуатации гидротехнического сооружения либо на его восстановление или консервацию. (в ред. Федеральных законов от 18.12.2006 N 232-ФЗ, от 18.07.2011 N 242-ФЗ).

6.2 Подзаконные нормативно-правовые акты

Инженерная защита территории от затопления и подтопления СНиП 2.06.15-85 - при проектировании инженерной защиты территории от затопления и подтопления надлежит разрабатывать комплекс мероприятий, обеспечивающих предотвращение затопления и подтопления территорий в зависимости от требований их функционального использования и охраны природной среды или устранение отрицательных воздействий затопления и подтопления.

Защита территории населенных пунктов, промышленных и коммунально-складских объектов должна обеспечивать:

- бесперебойное и надежное функционирование и развитие городских, градостроительных, производственно-технических, коммуникационных, транспортных объектов, зон отдыха и других территориальных систем и отдельных сооружений народного хозяйства;
- нормативные медико-санитарные условия жизни населения;

— нормативные санитарно-гигиенические, социальные и рекреационные условия защищаемых территорий.

В проекте инженерной защиты территории от затопления и подтопления следует предусматривать:

— предупреждение опасных размывов русла, берегов, а также участков сопряжения защитных сооружений с неукрепленным берегом, вызываемых стеснением водотока защитными дамбами и береговыми укреплениями;

— сохранение вокруг оставляемых на защищаемой территории водоемов древесно-кустарниковой и луговой растительности, лесонасаждений;

— осуществление на защищаемой территории комплекса агротехнических, луго-лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий по борьбе с водной эрозией;

— озеленение защищаемой части территории населенных пунктов, промышленных объектов, мелиоративных участков и т.д.;

— предупреждение загрязнения почвы, водоемов, защищаемых сельскохозяйственных земель и территорий, используемых под рекреацию, возбудителями инфекционных заболеваний, отходами промышленного производства, нефтепродуктами и ядохимикатами;

— сохранение естественных условий миграции животных в границах защищаемой территории;

— сохранение или создание новых нерестилищ взамен утраченных в результате осушения пойменных озер, стариц и мелководий водохранилищ;

— предупреждение гибели и травмирования рыб на объектах инженерной защиты;

— сохранение на защищаемой территории естественных условий обитания охраняемых животных;

— сохранение на защищаемой территории режима водно-болотных угодий, используемых перелетными водоплавающими птицами во время миграции.

Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов ПБ 03-438-02 – устанавливают основные требования по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений горных, металлургических, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий на территории Российской Федерации независимо от их ведомственной подчиненности и форм собственности.

Настоящие Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов (далее – Правила) разработаны в соответствии с требованиями Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.97 № 117-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, №30, ст.3589) и распространяются на гидротехнические сооружения (ГТС) хранилищ жидких отходов промышленности (хвостохранилища, шламоохранилища, шламонакопители, гидроотвалы, накопители промышленных стоков, водохранилища) организаций, производств и объектов, поднадзорных Госгортехнадзору России, независимо от их организационно-правовых форм собственности.

ГТС накопителей, технологически связанные с процессом добычи и переработки полезных ископаемых, а также с накоплением, безопасным хранением и утилизацией промышленных отходов горных, металлургических, химических, нефтехимических нефтеперерабатывающих предприятий, должны строиться и эксплуатироваться по проектам, разработанным в установленном порядке и прошедшим экспертизу в порядке, установленном постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке проведения государственной экспертизы и утверждения градостроительной, предпроектной и проектной документации»

от 27.12.2000 №1008 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, №1, часть II, ст.135).

Деятельность по проектированию и строительству ГТС, как сооружений I и II уровня ответственности в соответствии с государственным стандартом, а также инженерные изыскания для их строительства, могут осуществляться только на основании лицензий, выданных в соответствии с Федеральным законом «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 08.08.2001 №128 ФЗ.

Собственник ГТС или эксплуатирующая организация составляет декларацию безопасности ГТС, которая является основным документом, содержащим сведения о соответствии ГТС критериям безопасности. Собственник ГТС или эксплуатирующая организация представляет декларацию безопасности ГТС на утверждение в органы Госгортехнадзора России.

В пределах зоны возможного затопления запрещается строительство объектов, не связанных с эксплуатацией накопителей. Если в зоне возможного затопления расположены такие объекты, необходимо выполнить мероприятия по их защите или выносу на безопасное место в сроки, согласованные с территориальными органами Госгортехнадзора России и местными органами власти.

На ГТС должен вестись мониторинг безопасности в соответствии с Инструкцией о порядке ведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений предприятий, организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора России (РД-03-259-98), утвержденной Постановлением Госгортехнадзора России от 12.01.98 № 2 и зарегистрированным Минюстом России 02.04.98 № 1467 (Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 1998, № 5), и другими ведомственными нормативно - методическими документами, утвержденными Госгортехнадзором России.

Эксплуатация сооружений накопителей разрешается только при наличии предусмотренных проектом действующих устройств сигнализации, блокировки, защиты от перегрузок, контрольно - измерительной аппаратуры (КИА), контрольно - измерительных приборов (КИП), средств связи и освещения, прошедших комплексное опробование в течение не менее 72 часов непрерывной работы в эксплуатационном режиме, и подписанного акта приемочной комиссии.

Для обеспечения безаварийной эксплуатации ГТС накопителя должны быть разработаны критерии безопасности, которые утверждаются Госгортехнадзором России, а также организован мониторинг за показателями состояния ГТС.

На ГТС натурные наблюдения должны проводиться с начала строительства сооружений.

Натурные наблюдения за состоянием ограждающих дамб и плотин I, II и III класса должны включать инструментальный контроль с использованием установленной на них КИА (КИП). Для дамб и плотин IV класса и их оснований при соответствующем обосновании в проекте допускается не проводить инструментальных наблюдений.

Для безопасной эксплуатации накопителей независимо от их типа необходимо:

— поддерживать в накопителе предусмотренный проектом объем воды; уменьшение объема воды ниже минимального и увеличение объема воды выше максимального, заданных проектом, не допускаются;

— осуществлять систематический контроль за состоянием сооружений и не допускать превышения заданных проектом критериев безопасной эксплуатации сооружений;

— своевременно выполнять ремонтные работы и мероприятия по устранению возникших нарушений в режиме работы накопителя и его сооружений;

— выполнять все предусмотренные проектом природоохранные мероприятия;

— запрещается эксплуатация накопителя при отсутствии запаса материалов, инструментов, инвентаря, предусмотренных ПЛА;

— при вводе накопителя в эксплуатацию объем накопленной в нем воды не должен превышать объема, достаточного для оборотного водоснабжения первого пускового комплекса производства. Накопление избыточного объема воды допускается при обосновании в проекте;

Запрещается без согласования с природоохранными органами эксплуатация накопителей, от пыления которых запыленность атмосферного воздуха за пределами установленной проектом санитарной зоны превышает ПДК.

— при эксплуатации накопителя и при наращивании ограждающих дамб не допускается срезка грунта, устройство карьеров и котлованов в нижнем бьефе и на низовом откосе дамбы, а также в ложе накопителя в пределах проектной отметки заполнения. Разработка грунта на этих участках возможна только при обосновании в проекте;

— превышение отметки гребня дамбы наливных накопителей или отметки надводного пляжа у верхового откоса дамбы обвалования намывных накопителей над уровнем воды должно соответствовать проекту в течение всего срока эксплуатации и должно быть: не менее 1,5 м - для накопителей I и II класса; 1,0 м - для накопителей III и IV класса;

— длина надводного пляжа в течение всего срока эксплуатации намывного накопителя должна соответствовать заданной проектом для каждого яруса намыва. При отсутствии в проекте контролируемой длины надводного пляжа она должна быть: не менее 50 м - для накопителей I класса; 40 м - для накопителей II класса; 30 м - для накопителей III класса и 20 м - для накопителей IV класса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе обобщен опыт строительства и эксплуатации грунтовых гидротехнических сооружений на северо-западе Якутии и результаты натурных исследований, в работе сделаны и обоснованы следующие выводы и рекомендации:

— на основе анализа причин возникновения нештатных ситуаций на грунтовых гидротехнических сооружениях региона выделены основные причины их возникновения, позволяющие прогнозировать и выявлять негативные процессы на ранних стадиях;

— предлагается методика проведения и обработки данных инструментального контроля состояния сооружений, включающая дистанционные измерения и автоматизированную обработку данных, на основе которых необходимо оперативно проводить раннюю диагностику возникновения нештатных ситуаций;

— предложена организация мерзлотной завесы в плотине накопителя бытовых стоков, что позволит сделать всю систему хвостохранилища полностью бессточной, и исключит попадание загрязняющих веществ обогатительной фабрики;

— установку КИА следует предусматривать как в процессе строительства, так и расширять ее сеть в период эксплуатации, охватывая при этом потенциально опасные зоны сооружения. Результаты наблюдений по КИА использовать для оценки надежности объекта, своевременного выявления дефектов, назначения ремонтных мероприятий, что позволит предотвратить нештатные ситуации и улучшить условия эксплуатации;

— приведенные в работе примеры показывают, что в условиях криолитозоны при правильной организации мониторинга и своевременном выявлении и устранении негативных процессов сооружения обладают высокой степенью надежности в течение длительного времени эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биянов Г.Ф. Грунтовые плотины на вечной мерзлоте./ Г.Ф. Биянов, О.А. Когодовский, В.И. Макаров. - Ин-т мерзлотоведения СО РАН СССР.- Якутск, 1989.-152 с.
2. Газиев Э.Г. Экспертная система диагностики и прогноза поведения плотин для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений. / Э.Г. Газиев // Гидротехническое строительство.- 2000.- № 6.- С. 22-26.
3. Гапеев С.И. Укрепление мерзлых оснований охлаждением / С.И. Гапеев. - Л.: Стройиздат, 1969. - 104 с.
4. Гончаров Ю.М. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся строительным специальностям / Ю.М. Гончаров; под ред. д.т.н. проф. Д.М. Шестернева; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова. – Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2016. – 406с.
5. Дюкарев В.П. Опыт ликвидации фильтрующего талика плотины в условиях Крайнего Севера / В.П. Дюкарев, В.В. Сергеевский, А.С. Сухно. - Гидротехническое строительство.-2001.- №12.- С. 14-16.
6. Инструкция по проектированию гидротехнических сооружений в районах распространения вечномерзлых грунтов. ВСН 30-83 / Минэнерго СССР.- Л.: 1983.- 100 с.
7. Каменский Р.М. Теплотехнический расчет ледогрунтовой противофильтрационной завесы плотин с учетом взаимного влияния колонок / Р.М. Каменский // Гидротехническое строительство.- 1997.- №4.- С.38-41.
8. Кузнецов Г.И. Криогенные процессы и устойчивость хвостохранилищ на многолетнемерзлых основаниях / Г.И. Кузнецов.- В кн.: Проблемы инженерного мерзлотоведения в гидротехническом строительстве.- М.: Наука, 1986.- С. 67-75.
9. Макаров В.И. Термосифоны в северном строительстве / В.И. Макаров.- Новосибирск: Наука, 1985. - 168 с.

10. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева.- М.: Энергия, 1973.- 320 с.

11. Сухно А.М. Автоматизированная система мониторинга на хвостохранилище Айхальского ГОКа / А.М. Сухно, Н.Н. Хлапов // Горный журнал. - М., 2008. - №5. - С.65-68

12. Щербина В.И. Диагностика состояния гидротехнических сооружений с помощью информационной компьютерной системы / В.И. Щербина, Г.Ю. Бердичевский, М.Г. Воробьев // Гидротехническое строительство. - 2002. - №10. - С. 22-27.

13. Водный кодекс Российской Федерации: [Электронный ресурс]: федер. закон от 03.06.2006 г. №74 – ФЗ ред. от 28.12.2013 г. // Справочная правовая система «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

14. Земельный кодекс Российской Федерации. [Электронный ресурс]: федер. закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ ред. от 28.12.2013 г. // Справочная правовая система «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

15. О безопасности гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: федер. закон Российской Федерации от 27.07.1997 г. № 117-ФЗ ред. от 28.12.2013 № 445-ФЗ // Справочная правовая система «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

16. Об охране окружающей природной среды [Электронный ресурс]: федер. закон Российской Федерации от 10.01.2002 г. № 7 – ФЗ ред. от 12.03.2014// Справочная правовая система «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

17. СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления. – введ. 01.07.1986. – М.: Госстрой СССР, 1986. – С 24 – 37, 41 – 59.

18. ПБ 03-438-02 Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов. – введ. 28.01.2002. – М

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Т.А. Кулагина
подпись инициалы, фамилия
«25» 06 2018г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.01. – «Техносферная безопасность»

Двухъярусный накопитель промстоков в Республике Саха (Якутия)

Пояснительная записка

Научный руководитель



подпись, дата

проф., док. техн. наук
должность, ученая степень

Г.И. Кузнецов
инициалы, фамилия

Выпускник:



подпись, дата

А.В. Скрябина
инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:

Нормативно-правовая база
наименование раздела



подпись, дата

С.В. Комонов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер



подпись, дата

С.В. Комонов
инициалы, фамилия

Красноярск 2018 г.