

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Системы управления производственной, промышленной и экологической
безопасностью

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Методы и модели оценки и управления техногенными рисками при реконструкции гидротехнических сооружений хвостового хозяйства обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь)

Студент

Т.А. Бейсембаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.т.н., профессор, Н.Г. Яговкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	15
Перечень сокращений и обозначений.....	17
1. Промышленная безопасность и контроль технических и операционных рисков при управлении хвостохранилищем.....	18
1.1 Структура участка хвостового хозяйства и водоснабжения	18
1.2 Характеристика хвостохранилища.....	20
1.3 Технический анализ надежности и безопасной эксплуатации пульповодов, запорной арматуры и насосной станции хвостохранилища.	21
1.4 Оценка промышленной безопасности при эксплуатации систем сгущения пульпы, гидравлического транспорта отходов и оборотного водоснабжения.....	28
1.5 Контроль за системой гидравлической перекачки хвостов.....	31
1.6 Технология перекачки хвостов в хвостохранилище на всех этапах эксплуатации хвостового хозяйства.....	33
1.7 Аварийное перекрытие водосбросных и водоприемных сооружений ..	35
2 Расчетные методы моделирования сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища на основе анализа и оценки рисков.....	38
2.1 Технологическое описание хвостохранилища.....	38
2.2 Особенности хвостохранилищ в аспекте обеспечения их промышленной безопасности и надежности.....	41
2.3 Исследование техногенного риска на объекте хвостового хозяйства обогатительной фабрики с целью управления их надежностью и безопасностью	45
2.4 Моделирование сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища	52

2.5	Физико-математические методы расчета возможных последствий гидродинамической аварии.....	63
2.6	Моделирование и оценка опасности прорыва плотины, последствия прорыва и классификация	67
2.7	Основные результаты моделирования, анализа опасностей и рисков на хвостовом хозяйстве обогатительной фабрики	70
3	Управление рисками на хвостовом хозяйстве при реконструкции гидротехнических сооружений на основе WRAC-анализа и оценки рисков по методике «Галстук- бабочка»	76
3.1	Методология базовой оценки риска и анализа приоритетных рисков..	76
3.2	Базовая оценка рисков на рабочем месте по методике WRAC-анализ .	77
3.3	Построение моделей «Галстук-Бабочка» по приоритетным нежелательным событиям	85
3.4	Риск-ориентированный подход в управлении хвостовым хозяйством и хвостохранилищем.....	93
	Заключение	104
	Список используемых источников.....	106
	Приложение А Классификация уровней тревоги при внештатных и аварийных ситуациях.....	111
	Приложение Б Базовая оценка рисков на хвостохранилище при реконструкции гидротехнических сооружений	114
	Приложение В Анализ рисков по методу «Галстук-Бабочка» для участка хвостохранилища.....	120

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования.

Катастрофический прорыв дамбы хвостохранилища на руднике Коррего ду Фейжао (Córrego do Feijão) бразильской компании Вали С.А. (Vale S.A.) шокировал и привлек внимание к одному из главных рисков ведения горных работ, который все еще недостаточно взят под контроль. Хвостохранилища являются источником некоторых наиболее распространенных и опасных рисков, представляющих угрозу для рабочих, местного населения и окружающей среды, находящихся в непосредственной близости к местам добычи. Из этих сооружений могут просачиваться хвосты, что может привести к загрязнению грунтовых и поверхностных вод. Кроме того, как ясно показала данная авария, неустойчивые дамбы хвостохранилищ могут катастрофически разрушаться и высвободить огромный объем отходов, что может стать причиной гибели людей, обвалов зданий, лишения средств к существованию, затруднения течения рек и оказать серьезное долгосрочное воздействие на рабочих, местное население и окружающую среду.

Вследствие повреждения хвостохранилища Вали С.А. (Vale S.A.) на железнорудной шахте в городе Брумадинью погибло 248 человек, 22 человека пропали без вести. В результате прорыва дамбы 11,7 миллионов кубометров жидких отходов устремились в долину, снося всё на своем пути, окружающей среде был нанесен колоссальный ущерб. Коренной причиной данной трагедии является отсутствие государственного регулирования работы горнодобывающей и горно-обогатительной отрасли, а также недостаточной производственной контроль владельца объекта.

Результаты отчета «Индекс ответственности горнодобывающей промышленности» (RMI) за 2020 год демонстрируют [40], что, к большому сожалению, многие крупнейшие горнодобывающие компании мира не способны «понять и показать», насколько эффективно они устраняют риски разрушения дамб хвостохранилищ и просачивания хвостовой воды. Тридцать

ведущих в своей отрасли горнодобывающих компаний, по которым выполнялась оценка RMI, в среднем получили оценку 22% по отслеживанию, анализу и принятию мер по улучшению управления рисками, связанными с хвостохранилищами, при этом оценка компании Вали С. А. (Vale S. A.) была немного выше средней. В результатах отчета Responsible Mining Index (RMI) приведены сводные данные управления жизненным циклом компаний, где в том числе представлены данные международных горнодобывающих компаний с активами в России и Казахстане: NordGold, Polymetal, Evraz PLC, ERG, RUSAL, Glencore и ArcelorMittal.

Пятнадцать из 30 компаний не продемонстрировали свидетельств отслеживания эффективности устранения этих рисков. И хотя 17 компаний продемонстрировали некоторые признаки выполнения анализа эффективности своих мер по управлению рисками, связанными с хвостохранилищами, не было обнаружено свидетельств того, что эти компании публично раскрывают объем систематического принятия мер на основании выполненного анализа с целью повышения эффективности устранения рисков, связанных с хвостохранилищами.

Более широкие результаты оценки RMI показывают, что компании зачастую не предоставляют достаточной информации об управлении социальными и экологическими рисками, в частности, содержательную информацию о показателях на уровне участка добычи. Слишком часто рабочие, население, подвергающееся воздействию горных работ, правительства и инвесторы находятся в неведении относительно имеющихся рисков и того, насколько эффективно компании занимаются устранением этих рисков. Компании могут неохотно раскрывать общественности эту, возможно, имеющую негативное воздействие и конфиденциальную информацию, однако от применения необходимых мер защиты зависят жизнь и средства к существованию рабочих и местного населения.

В отчете Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD) 2001 года исследована 221 авария на хвостохранилищах, при этом был сделан

вывод о том, что все из них являлись предотвратимыми. Итак, что могут сделать горнодобывающие компании, чтобы снизить риск таких катастрофических прорывов дамб хвостохранилищ? Прежде всего, компаниям необходимо более полно учитывать риски при проектировании, планировании и строительстве дамб хвостохранилищ. В отчете Программы ООН по окружающей среде (UNEP) 2017 года содержится призыв к компаниям, регулирующим органам и сообществам ставить перед собой общую цель добиваться полного отсутствия аварий на хвостохранилищах и приводится рекомендация группы, исследовавшей аварию на руднике Моунт Поллей (Mount Polley): при управлении хвостохранилищами оценка аспектов безопасности должна выполняться отдельно от экономической оценки, а затраты не должны быть определяющим фактором.

Такие происшествия, как катастрофический прорыв дамбы на хвостохранилище Брумадинью компании Вали С. А. (Vale S. A.), являются суровым напоминанием о неприемлемых рисках, с которыми сталкиваются многие жители, рабочие и окружающая среда в районах добычи полезных ископаемых. Подобные трагедии и другие серьезные неблагоприятные воздействия, в том числе гибель рабочих и нападения на правозащитников, очень плохо отражаются на отрасли в целом и заставляют по-другому рассматривать любые заявления об ответственной добыче полезных ископаемых. Добывающие компании должны доказать, что они ставят во главу угла управление рисками, а не краткосрочные задачи.

Крупнейшей аварией на хвостохранилище в России стал прорыв дамбы на Карамкенском хвостохранилище цианидов 29 августа 2009 года в Магаданской области в период ливневых дождей. Ядовитые отходы из хвостохранилища попали в реки Хасын и Армань по берегам которых стоит множество посёлков и проживают десятки тысяч людей.

Таким образом, разработка и выбор эффективных методов и моделей управления техногенными рисками в горно-обогатительной отрасли все чаще становятся частью стратегического планирования по развитию системы

управления безопасностью и безаварийностью производства современных горно-обогатительных комплексов. Эксплуатация гидротехнических сооружений хвостохранилищ горнодобывающих предприятий Евразийского экономического союза требует профессионального и систематического анализа безопасности работ, а также полноту применяемых мер контроля и мониторинга [23]. Отметим, что в России эксплуатируется около 300 хвостохранилищ, из которых более 180 находятся в аварийном состоянии. Разработка эффективных мер по предотвращению аварий на дамбах хвостохранилищ жизненно необходимы во избежание риска более опасных последствий для рабочих и местного населения, масштабного ущерба для окружающей среды, а также высоких затрат на ликвидацию последствий аварий и восстановлению после них. Научно-исследовательская разработка моделей гидродинамических аварий позволяет обнаружить «слабые звенья» технологических элементов хвостового хозяйства и направить ресурсы для повышения их надежности. В научной сфере практически отсутствуют работы и исследования, посвященные описанию процессного подхода анализа и управления рисками на хвостохранилищах горно-обогатительных предприятий, которые могли бы послужить исходным алгоритмом для разработки методов и моделей управления техногенными рисками и охраной труда на современных предприятиях. В настоящей работе, благодаря обширному исходному материалу и системному исследовательскому подходу, удалось определить приоритетные техногенные риски и выработать меры и рекомендации по их контролю, снижению и устранению.

Объект исследования: система управления техногенными, стратегическими и операционными рисками хвостового хозяйства и хвостохранилища ТОО «KAZ Minerals Vozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) при эксплуатации и реконструкции гидротехнических сооружений.

Предмет исследования: методы моделирования сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища на основе анализа и оценки рисков; техногенные,

стратегические и операционные риски на объекте хвостового хозяйства обогатительной фабрики, а также система управления гидротехническим сооружением на всех стадиях жизненного процесса объекта.

Цель исследования: разработка эффективных методов и моделей управления техногенными рисками, основанных на комплексной оценке рисков, для обеспечения высокого (стабильного) уровня организации промышленной безопасности и охраны труда на хвостохранилище ТОО «KAZ Minerals Vozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь).

Гипотеза исследования состоит в том, что при эксплуатации и реконструкции гидротехнических сооружений хвостохранилища эффективность системы управления техногенными рисками и последующая эксплуатационная надежность объектов хвостового хозяйства обогатительной фабрики достигается, если:

- проект реконструкции построен на физико-математических моделях и методах расчета техногенных рисков и анализа уровня защиты (LOPA) горно-обогатительного комплекса в соответствии с государственными и международными нормативными требованиями;
- применена комплексная оценка базовых рисков (HAZOP) и система анализа безопасности работ (JSAS) на всех этапах строительства, при этом экспертами выделяются приоритетные риски;
- используются расчетные методы моделирования перспективных сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища на основе базовой оценки рисков и оценки надежности технологических элементов объекта;
- оценка рисков построена на иерархии средств контроля, риски доведены до подрядных организаций выполняющих реконструкцию гидросооружений, персонал участка уведомлен о порядке реагирования на внештатные ситуации и условия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ системы промышленной безопасности и контроля технических и операционных рисков при управлении хвостохранилищем;
- разработать расчетные методы моделирования сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища на основе анализа и оценки рисков;
- создать систему управления рисками на хвостовом хозяйстве при реконструкции гидротехнических сооружений на основе WRAC-анализа и оценки рисков по методике «Галстук- бабочка».

Теоретико-методологическую основу исследования составили: компетентностный, инженерно-технический и риск-ориентированный подходы, концепции отечественных и зарубежных ученых о моделировании рисков в бизнес-процессе управления хвостохранилищем на этапах строительства, эксплуатации и реконструкции, подходы к разработке комплексных реестров оценки и управления техногенными рисками, современные инженерно-технические концепции сухого складирования хвостов.

Базовыми для настоящего исследования явились также: научные работы Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева (ВНИИГ), практические работы и статьи Международной комиссия по большим плотинам (ICOLD) и Австралийского национального комитета по большим дамбам (ANCOLD) по изучению проблемы строительства гидротехнических сооружений по проблемам гидротехнического и энергетического строительства, а также эксплуатации гидротехнических объектов, международные практические программы устойчивого развития горнодобывающей промышленности и управления техногенными и производственными рисками на объектах хвостовых хозяйств стран СНГ, Австралии, Канады и Южной Африки.

Методы исследования:

- сбора данных (отбор, изучение, анализ отечественной и зарубежной литературы по проблеме исследования, а также нормативных документов);
- обработки данных (классификация, структурно- функциональный анализ, синтез, сопоставление, обобщение);
- интерпретации и оценки данных (систематизация, сравнительно-педагогический анализ, табличное представление его результатов).

Опытно-экспериментальная база исследования: исследование проводилось на месторождении Бозшаколь, ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) подразделения Группы Компаний KAZ Minerals расположенного в Павлодарской области, Республика Казахстан. Опытно-экспериментальной базой исследования являлось действующие хвостохранилище, а также площадка будущего расширения хвостохранилища, на котором выполняются строительные работы. В опытно-экспериментальной работе приняли участие руководитель проекта по строительству хвостохранилища, инженер-строитель гидротехнических сооружений и старший координатор по охране труда и рискам.

Научная новизна исследования заключается в:

- анализе особенности хвостохранилищ с точки зрения обеспечения их промышленной безопасности и надежности, с обобщением наблюдений распределения частот катастрофических аварий на хвостохранилищах за период 1955-2020 гг.;
- проведенном исследовании техногенного риска на объекте хвостового хозяйства обогатительной фабрики с целью управления их надежностью и безопасностью;
- моделировании сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища (разработаны четыре основные модели обобщенного перспективного сценария

возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище обогатительной фабрике в результате обрушения откоса дамбы ограждения, внутренней фильтрационной эрозии тела либо основания дамбы ограждения, перелива воды через гребень ограждения, разрушения водосборного коллектора в теле либо основании дамбы ограждения);

- разработке и экспериментальной проверке физико-математических методов расчета возможных последствий гидродинамической аварии и составления модели прорыва плотины дамбы и зона влияния прорыва с помощью компьютерного моделирования;
- создании реестра базовой оценки рисков по методу WRAC-анализ и систематизация полученных результатов в виде моделей «Галстук-Бабочка» на приоритетные нежелательные события.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- решении проблемы научного обоснования методов проектирования и реализации системы комплексной оценки рисков технологических процессов в управлении хвостохранилищем на опасном производственном объекте, для обеспечения надежности инженерных систем и непрерывности производственного процесса;
- обосновании значимости профессионального выбора компетентной подрядной организации, осуществляющей работы по строительству и модернизации хвостохранилищ, а также важности систематического контроля качества возводимых гидротехнических сооружений;
- доказательстве того, методы и модели оценки и управления техногенными рисками при реконструкции гидротехнических сооружений хвостового хозяйства обогатительной фабрики являются обязательными элементами проекта строительных работ, позволяющие предвидеть будущие опасности, связанные с эксплуатацией объекта.

Практическая значимость исследования. Разработанные в исследовании методы и модели оценки и управления техногенными рисками при реконструкции гидротехнических сооружений хвостового хозяйства обогатительной фабрики на практике позволяют:

- расширить диапазон приоритетных нежелательных событий, которые могут привести к аварийной ситуации на хвостохранилище и приостановке технологического процесса транспортировки хвостов;
- повысить уровень детализации модели прорыва плотины дамбы и обозначения зоны влияния прорыва с помощью компьютерного моделирования;
- оптимизировать время реагирования на внештатные ситуации, для разработки предупреждающих действий и управления аварийными ситуациями.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- проведенным анализом состояния проблемы в существующей теории и практике от международных организаций, таких как Международная комиссия по большим плотинам и Австралийский национальный комитет по большим дамбам по изучению проблемы строительства гидротехнических сооружений;
- комплексным использованием разнообразных методик проведения исследования рисков прорыва дамбы с использованием средств компьютерного моделирования ArcGIS 10.7 Data Interoperability и ArcGIS 10.7 Data Reviewer;
- теоретическим обобщением передового инженерно-технического опыта и анализа инновационных технических решений Outotec по складированию хвостов на поверхности и под землю, а также методам транспортировке сухого кека;

- внедрением позитивных результатов исследования в практику управления хвостохранилищем и в том числе в разработку технологического регламента по эксплуатации хвостохранилища фабрик по обогащению сульфидных руд.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в определении современного состояния системы управления рисками при эксплуатации хвостохранилища; организации и проведении опытно-экспериментальной работы; анализе полученных результатов экспериментальных исследований; формулировании выводов и установленных в исследовании связей и закономерностей; оформлении результатов исследования; внедрении сформулированных в исследовании положений и рекомендаций в инженерно-техническую практику управления хвостохранилищем.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

- XXXIII международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения» (Москва, 2020);
- XXXIV международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения» (Москва, 2020);
- III Конференции по обеспечению промышленной безопасности Группы KAZ Minerals (Усть-Каменогорск, 2019).

На защиту выносятся:

1. Результаты проведенного анализа надежности и промышленной безопасности гидротехнических сооружений хвостового хозяйства и разработанная классификация уровней тревоги при внештатных и аварийных ситуациях;
2. Разработанные методы моделирования сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища на основе комплексного анализа и оценки рисков;

3. Результаты исследования техногенного риска на объекте хвостового хозяйства обогатительной фабрики, особенности хвостохранилищ в аспекте обеспечения их промышленной безопасности и надежности, а также полученные результаты моделирования, анализа опасностей и рисков на хвостовом хозяйстве обогатительной фабрики;
4. Физико-математические методы расчета возможных последствий гидродинамической аварии;
5. Методы и модели управление рисками на хвостовом хозяйстве при реконструкции гидротехнических сооружений на основе WRAC-анализа и оценки рисков по методике «Галстук- бабочка»;
6. Перспективные инженерно-технические решения основанные на технологии фильтрации и сухой укладки хвостов, позволяющие исключить риск реализации наиболее перспективных сценариев гидродинамических аварий на хвостохранилище.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 17 рисунков, 11 таблиц, список использованной литературы (39 источников), 3 приложений. Основной текст работы изложен на 110 страницах.

Термины и определения

В настоящей выпускной квалификационной работе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Анализ риска – систематический процесс, используемый для понимания природы риска и определения уровня риска.

Безопасность гидротехнического сооружения – свойство гидротехнического сооружения, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов.

Гидродинамическая авария - авария на гидротехническом сооружении, связанная с распространением с большой скоростью воды и создающая угрозу возникновения техногенной чрезвычайной ситуации.

Дамба обвалования (вторичная дамба) – дамба, отсыпаемая по наружному контуру упорной призмы для ограждения ярусов намыва.

Критерии безопасности гидротехнического сооружения - установленные с учетом класса гидротехнического сооружения качественные признаки и количественные показатели, характеризующие его безопасность и безопасность окружающей среды при различных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта гидротехнического сооружения, ввода и вывода из эксплуатации, а также действующие экологические нормативы и требования техники безопасности.

Насосно-трубопроводная система обратной воды – система, предназначенная для возврата технологической воды обратно на фабрику по переработке полезных ископаемых (рециркуляции).

Обеспечение безопасности гидротехнического сооружения – разработка и осуществление мер по предупреждению аварий гидротехнического сооружения.

Оценка риска аварий на гидротехническом сооружении - исследование условий возникновения аварий на гидротехническом сооружении,

включающее: идентификацию опасностей и возможных их источников; исследование возможных аварий и механизмов их возникновения и развития на основе моделирования различных сценариев аварий; анализ и оценку масштабов последствий возможных аварий; оценку вероятностей возникновения аварий и их последствий.

Процесс управления рисками - систематическое применение политик, процедур и практик управления к деятельности по информированию, консультированию, установлению контекста и выявлению, анализу, оценке, лечению, мониторингу и анализу рисков (AS/NZS и ISO 31000).

Риск аварий на гидротехническом сооружении - комбинация вероятностей возникновения аварий на гидротехническом сооружении и их ожидаемых последствий для жизни и здоровья людей, собственности и окружающей среды.

Сценарий аварии на гидротехническом сооружении - последовательность событий, состояний, явлений, процессов, действий собственника и эксплуатационного персонала на гидротехническом сооружении и в окружающей среде, которые определяют причины возникновения и возможную аварию на гидротехническом сооружении (сценарий возникновения аварии), характер развития и последствия аварии (сценарий развития аварии) в пространстве и во времени.

Управление хвостохранилищем – процесс управления хвостовым хозяйством на протяжении всего жизненного цикла, включая добычу, транспортировку, размещение и хранение хвостов, закрытие и консервацию хвостохранилища, а также управление после закрытия.

Хвостовое хозяйство – комплекс зданий и сооружений, обеспечивающих безопасное складирование хвостов.

Хвостохранилище – место организованного и безопасного складирования хвостов.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей выпускной квалификационной работе применяются следующие сокращения и обозначения:

ВНИИГ – Всероссийский научно-исследовательский институт;

ГДА – гидродинамическая авария;

РК – Республика Казахстан;

PCY - распределенная система управления;

РФ – Российская Федерация;

ТОО – Товарищество с ограниченной ответственностью;

ANCOLD (Australian National Committee on Large Dams) - Австралийский национальный комитет по большим плотинам;

AS/NZS (Standards Australia / Standards New Zealand) - Стандарты Австралии и стандарты Новой Зеландии;

HAZOP (Hazard and operability) - оценка базовых рисков;

ICOLD (International Commission on Large Dams) – Международная комиссия по большим плотинам;

ISO (International Organization for Standardization) - Международная организация по стандартизации;

JSAS (Job Safety Analysis System) - система анализа безопасности работ;

LOPA (Layer of protection analysis) - анализ уровня защиты;

RMI (Responsible Mining Index) – Отчет «Индекс ответственности горнодобывающей промышленности»;

UNEP (United Nations Environment Programme) – Программа ООН по окружающей среде;

WRAC (Workplace Risk Assessment and Control) - оценка и контроль рисков на рабочем месте.

1. Промышленная безопасность и контроль технических и операционных рисков при управлении хвостохранилищем

1.1 Структура участка хвостового хозяйства и водоснабжения

Участок хвостового хозяйства и водоснабжения относится к основным участкам Фабрики по обогащению сульфидных руд.

В систему гидротранспорта хвостов входят [9]:

- насосная станция сгущенных хвостов,
- магистральные, распределительные и аварийные пульпопроводы,
- пруд аварийного сброса хвостов.

В систему оборотного водоснабжения, промышленного водовода входят:

- пруд технической воды,
- резервуары и емкости,
- насосные станции по перекачиванию,
- пруды накопители,
- аварийный водосброс,
- магистральные распределительные водоводы,
- насосы оборотной воды,
- водозаборный шандорный колодец.

Руководство участком осуществляется сменными мастерами участка (хвостового хозяйства), которые линейно подчиняются Начальнику участка по обогащению сульфидных руд и функционально – Начальнику участка водоснабжения и хвостового хозяйства.

Дежурная смена является комплексной и проводит весь объём работ по перекачке в конус, гидротранспорту хвостов с Фабрики по обогащению сульфидных руд, бесперебойную подачу оборотной воды на фабрику, перекачке хвостов под лёд в зимнее время. Дежурная смена проводит

подготовку (опорожнение) трубопроводов к ремонту и промывке, выполняет мелкие ремонты оборудования насосных станций, следит за состоянием гидротехнических сооружений, за емкостью сбора сгущенных хвостов, ведет наблюдения за уровнем воды в прудах (а также в пруде технической воды и резервуар технической воды) и работой водосбросных и водоотводящих сооружений [20], ведет наблюдения за контрольно-измерительной аппаратурой установленной на хвостохранилище согласно Рисунку 1.

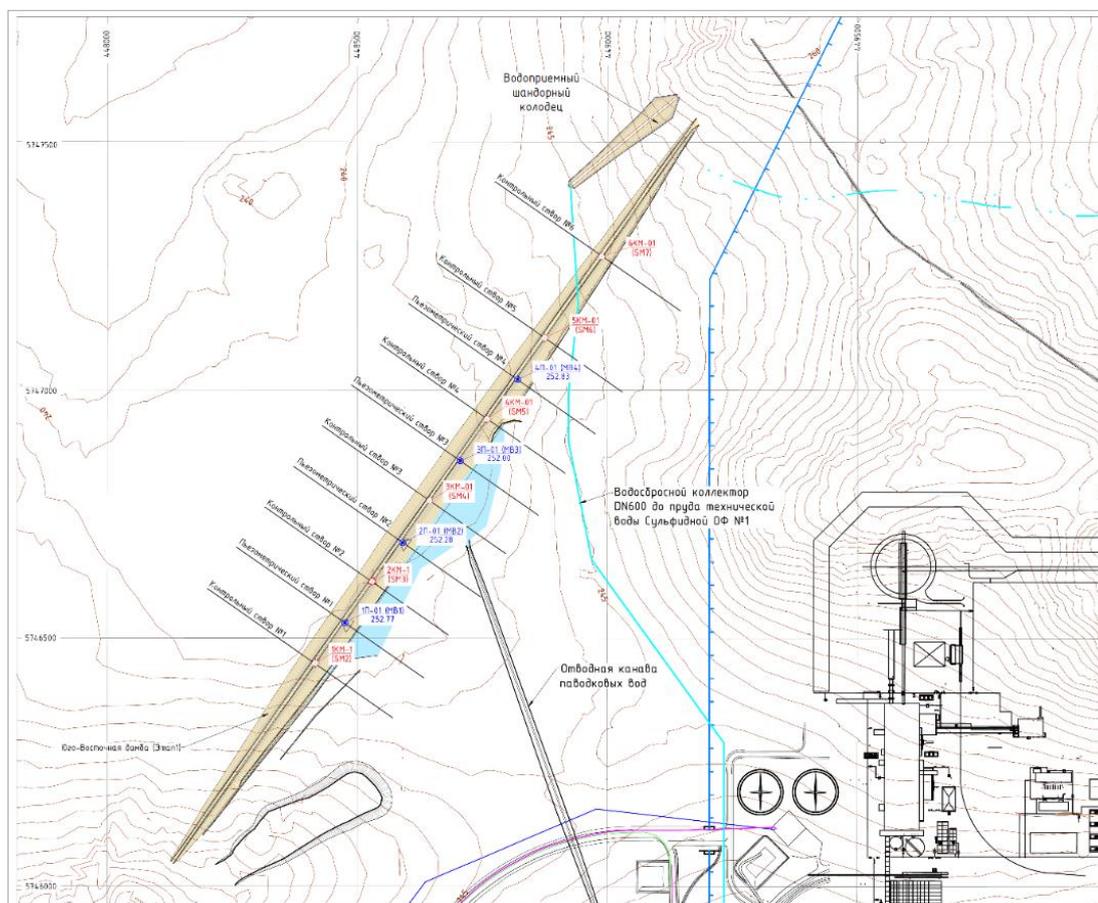


Рисунок 1 - План размещения контрольно-измерительной аппаратуры (контрольно-измерительных приборов) на накопителе (пьезометрический створ №1-4)

Особое внимание при осмотре сооружений и установок хвостового хозяйства должно обращать на появление трещин в теле конусов, насыпей и дамб хвостохранилища, состояние его намывных откосов (оползней, выход фильтрационных вод, суффозию), за чистотой слива хвостохранилища в канал

и пруд технической воды, насосной станции оборотной воды [21]. Дежурная смена должна следить за системой аварийной сигнализации, освещением рабочих объектов, а также за чистотой рабочего места. Ведет записи в журналах и ведомостях.

1.2 Характеристика хвостохранилища

Хвостохранилище – предназначено для складирования и хранения хвостов из Фабрик по обогащению сульфидных и окисленных руд.

Ситуационный план хвостохранилища представлен на рисунке 2.

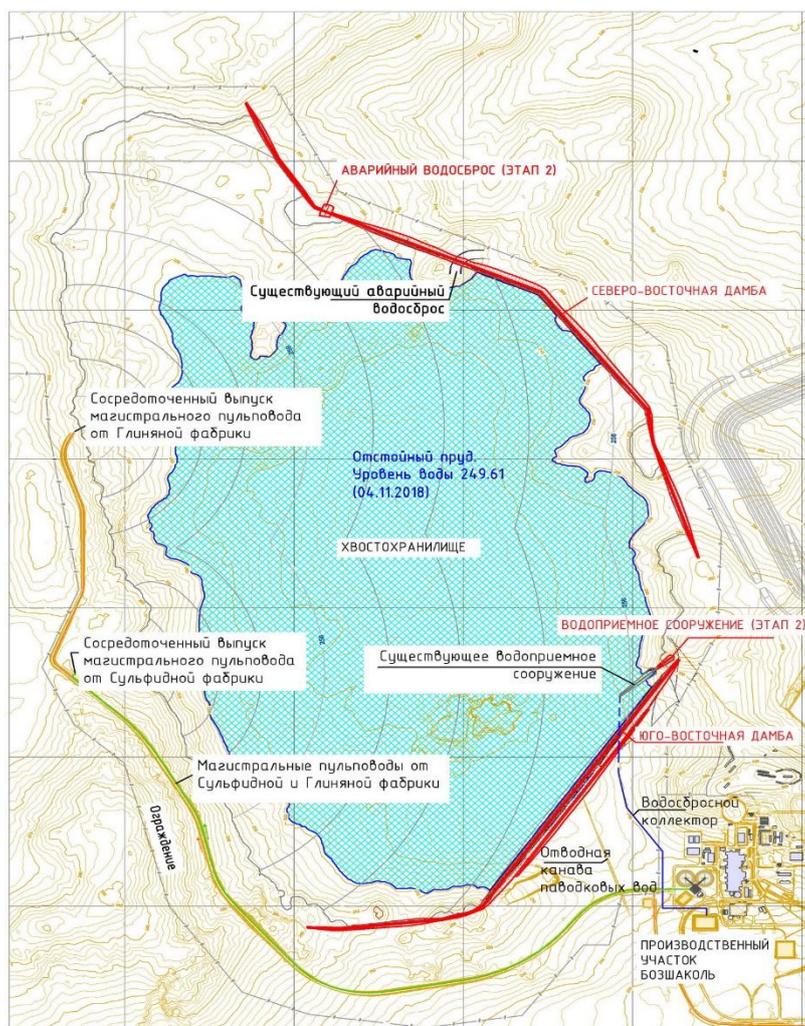


Рисунок 2 - Схема хвостового хозяйства обогатительной фабрики с существующими и проектными сооружениями

Хвостохранилище состоит из ложа хвостохранилища, представляющее собой вогнутую естественную поверхность, огражденную сопками за исключением трех участков разных по протяжности, а именно: с юго-восточного борта, на котором построена юго-восточная дамба протяженностью 1830 м, отметка дамы 252 м, высота насыпи около 11 м; с севера – восточного борта, построена севера – восточная насыпь которая состоит из двух частей, Большая и Малая насыпи. Длина гребня Большой насыпи примерно 1230 м, и Малой 415 м, высота Большой насыпи 10,0 м, высота Малой – 4,0 м.

Периоды сброса хвостов указаны по проектной мощности, т.е. по проекту объем сброса хвостов составляет 30 млн. тонн в год. Однако, периоды сброса хвостов возможно будут меняться, в зависимости от выхода хвостов, от плотности и содержания твердой фазы, а также в зависимости от отметки сброса.

1.3 Технический анализ надежности и безопасной эксплуатации пульповодов, запорной арматуры и насосной станции хвостохранилища

Смешанные хвосты перекачиваются из корпуса флотации через пробоотборник сгустителя хвостов, расположенный в корпусе участка размещения хвостов и системы оборотной воды. Пробоотборник сгустителя хвостов осуществляет сбор смешанной пробы конечных хвостов перед разделением потока для подачи в сгустители хвостов.

В питание двух сгустителей хвостов (диаметр 80) добавляются флокулянт и вода для его разбавления. Сгустители хвостов – наземные, при этом у каждого сгустителя есть подземный туннель для доступа к загрузочным воронкам сгустителей, арматуре и насосам нижнего слива.

Доступ в туннели сгустителей хвостов осуществляется через основной корпус размещения хвостов и системы оборотной воды, в то время как доступ к питающему стакану сгустителя хвостов и приводному устройству осуществляется через открытый проход.

Поток верхнего слива сгустителя хвостов поступает самотеком в пруд технической воды. Поток нижнего продукта сгустителя при номинальной концентрации твердых частиц в нижнем продукте, составляющей 61-63% по весу, перекачивается в накопитель сгущенных хвостов, расположенный в непосредственной близости от сгустителя хвостов. Хвосты перекачиваются из накопителя с помощью центробежных насосов в хвостохранилище.

В емкость сбора сгущенных хвостов поступают сгущенные хвосты со сгустителей хвостов. Вместимость емкости составляет 200 м³. Для регулировки уровня в емкость подается техническая вода по трубопроводам диаметром 600 мм и 200 мм. При низком уровне в емкости сбора сгущенных хвостов относительно заданного значения 40%, для контроля уровня предусмотрены два регулятора расхода воды на трубопроводах подачи технической воды в емкость. Управление регуляторами осуществляется двухдиапазонной системой управления. Датчик расхода на каждом трубопроводе передает сигнал на контроллер расхода в РСУ. Контроллер расхода изменяет положение регулятора расхода, регулируя, таким образом, расход технической воды.

Емкость оборудована выпускным дренажным клапаном и трубопроводом перелива, по которой перелив может подаваться в аварийный пруд хвостов во время остановки фабрики.

Для перекачки сгущенных хвостов из емкости сбора на хвостохранилище предусмотрены два параллельных ряда насосов сгущенных хвостов. Из обоих рядов сгущенные хвосты попадают в магистральный пульпопровод, ведущий на хвостохранилище.

В каждом ряду установлены четыре центробежных насоса с большой пропускной способностью, обеспечивающие достаточное давление и расход

для транспортировки сгущенных хвостов по магистральному пульпопроводу в хвостохранилище. Предусмотрено место для установки двух дополнительных ступеней.

Обычно один ряд насосов сгущенных хвостов находится в работе, а второй - в резерве. При нормальном режиме работы фабрики используются все четыре насоса сгущенных хвостов.

На линии всаса первого насоса диаметром 750 мм установлены две большие шиберно-ножевые отсечные задвижки с гидравлическим приводом.

Для этих задвижек предусмотрено только два положения: «полностью открыты» или «полностью закрыты».

На всасе второго, третьего и четвертого насосов в ряду впускные клапаны не предусмотрены.

К линии всаса первого насоса в ряду подсоединен трубопровод технической воды диаметром 150 мм. Он предназначен для промывки насосов и трубопроводов, и удаления твердых частиц во время остановки ряда насосов. Для регулирования расхода технической воды во время промывки используется шиберно-ножевая отсечная задвижка.

Емкость сбора сгущенных хвостов оснащена датчиком уровня, передающим сигнал на контроллер уровня в РСУ. Контроллер уровня подает сигнал на привод двигателя с регулируемой скоростью насоса четвертой ступени. Система автоматического управления поддерживает уровень сгущенных хвостов в емкости в пределах заданного рабочего диапазона, предотвращая переполнение емкости или ее работу "всухую". Слишком низкий уровень в емкости может привести к повреждению насосов.

Для обоих рядов насосов сгущенных хвостов предусмотрен собственный гидравлический блок питания. Блоки питания приводят в действие большие впускные и выпускные клапаны в ряду насосов. Эти клапаны участвуют в последовательности запуска и остановки насосов сгущенных хвостов.

Если Фабрики по обогащению сульфидных руд работает не на полную мощность, то первый и четвертый насосы в рабочем ряду насосов сгущенных хвостов остаются в работе, а второй и третий насосы - в резерве.

На первый насос в обоих рядах насосов сгущенных хвостов подается вода сальниковых уплотнений среднего давления из системы подачи воды сальниковых уплотнений. На все остальные насосы сгущенных хвостов подается вода сальниковых уплотнений высокого давления насосами воды сальниковых уплотнений.

Число оборотов четвертого насоса в рабочем ряду насосов сгущенных хвостов регулируется индикаторным регулятором уровня в емкости сбора сгущенных хвостов.

На магистральном пульпопроводе хвостохранилища установлен датчик расхода, передающий сигнал на контроллер расхода в РСУ. Контроллер в свою очередь передает сигнал на частотно-регулируемый привод двигателя четвертого насоса.

На магистральном пульпопроводе хвостохранилища также установлен датчик плотности, передающий сигнал на контроллер расхода в РСУ. Контроллер расхода передает сигнал на регулятор расхода, установленный на трубопроводе подачи технической воды диаметром 200 мм, подающий воду в емкость сбора сгущенных хвостов. Предусмотрена возможность регулирования плотности сгущенных хвостов путем регулировки подачи технической воды в емкость сгущенных хвостов в случае повышения плотности. Слишком высокая плотность может привести к затвердеванию частиц и снизить текучесть хвостовой пульпы.

На нагнетательном трубопроводе ряда насосов сгущенных хвостов установлены два расходомера - один на выходе последнего насоса, а второй - на магистральном пульпопроводе. При этом рассчитывается перепад расхода между двумя расходомерами. Высокий перепад расхода указывает на наличие утечки на каком-либо участке пульпопровода длиной 5,5 км.

При невозможности выполнить промывку трубопроводов одного или обоих рядов насосов сгущенных хвостов, то необходимо использовать трубопровод аварийного сброса хвостов для частичной очистки трубопроводов. Содержимое трубопроводов сбрасывается в пруд аварийного сброса хвостов в системе хранения оборотной воды.

На трубопроводе сгущенных хвостов также установлен датчик давления для контроля рабочих параметров насосов сгущенных хвостов. Плотность сгущенных хвостов измеряется измерителем плотности, установленным на трубопроводе сгущенных хвостов перед выпуском хвостов в хвостохранилище.

Магистральный пульпопровод выполнен из стальных труб диаметром 650 мм с внутренней полиэтиленовой футеровкой. Магистральный пульпопровод проложен по поверхности грунта и оборудован двумя пульповыпусками. Изоляция или обогрев пульпопровода - не предусмотрены.

Во время плановых остановок пульпопровод необходимо тщательно промывать технической водой с целью предотвращения забивания затвердевшими сгущенными хвостами. Прокладка труб наземная.

Степень износа стенок пульпопровода определяется путем неразрушаемого контроля стенок пульпопровода ультразвуковой дефектоскопией. Дефектоскопия производится ежегодно подрядной организацией с выдачей заключения.

В состав сооружений гидротранспорта хвостов входят: насосная станция сгущенных хвостов, магистральные, аварийно-резервный пульпопроводы, пруд аварийного сброса хвостов.

В пульпонасосной станций установлены 2 ряда насосов Варман АН (Warman AN). Из приемного бункера сгустителей хвостов хвостовая пульпа при помощи одного из двух насосов питания сгустителей хвостов подается на пробоотборник отвальных хвостов. Обычно один насос рабочий, а второй - резервный.

Приемный бункер оснащен датчиком уровня, передающим сигнал на контроллер уровня в РСУ. Контроллер уровня подает сигнал на привод с регулируемой скоростью насосов приемного бункера сгустителей хвостов. Распределенная система управления поддерживает определенный уровень хвостов в приемном бункере, не допуская переполнения бункера и предотвращая работу насоса "всухую", так как это может привести к повреждению насоса.

На каждой линии всаса насосов диаметром 1 м установлены две большие шиберно-ножевые отсечные задвижки с гидравлическим приводом. Для этих задвижек предусмотрено только два положения: «полностью открыты» и «полностью закрыты». На нагнетательном трубопроводе каждого насоса установлены такие же задвижки. Каждый насос также оборудован дренажным клапаном с гидравлическим приводом для опорожнения насоса в период остановки.

Эти клапаны и задвижки участвуют в последовательности запуска и остановки насосов питания сгустителей хвостов.

Хвостовая пульпа из обоих насосов подается в общий нагнетательный трубопровод, который направляет пульпу в здание сгустителя хвостов. Хвосты попадают по трубопроводу в цикл сгущения через пробоотборник отвальных хвостов. На этом трубопроводе установлен датчик расхода и датчик плотности, передающие сигнал на индикатор расхода и индикатор плотности в РСУ.

На общей нагнетательной линии расположена ещё одна шиберно-ножевая задвижка с гидравлическим приводом. Эта задвижка используется для перенаправления потока хвостовой пульпы по трубопроводу диаметром 300 мм в пруд аварийного сброса хвостов.

Для больших задвижек на всасе и нагнетании насосов предусмотрен отдельный гидравлический блок питания для приведения задвижек в действие.

Запуск насоса приемного бункера сгустителя невозможен при аварийно-низком уровне воды сальниковых уплотнений - менее 2м³/ч или при низком

давлении сальниковой воды - ниже 500 кПа. При срабатывании сигнализации аварийно-низкого уровня в приемном бункере сгустителя хвостов (5%) насос отключается в результате срабатывания блокировки ПЛК. Если клапан на нагнетании насоса закрыт, насос останавливается через определенное время, изначально установленное на 60 секунд. Насос также останавливается, если промывочный клапан на нагнетательной линии открыт.

В приемный бункер сгустителя хвостов по трубопроводу диаметром 700 мм подается техническая вода для поддержания необходимого уровня в бункере. Этот трубопровод оснащен датчиком расхода, передающим сигнал на контроллер расхода в РСУ. Контроллер расхода изменяет положение регулятора расхода на трубопроводе технической воды, регулируя, таким образом, расход воды. При невозможности использования основного трубопровода подачи технической воды используется вспомогательный или обводной трубопровод диаметром 350 мм, оборудованный регулятором расхода.

Техническая вода также подается в нагнетательный трубопровод насоса питания сгустителя хвостов. Вода подается по трубопроводу диаметром 200 мм, оборудованному шиберно-ножевой отсечной задвижкой с гидравлическим приводом. Техническая вода используется для промывки улиты насоса, а также приемного и нагнетательного трубопровода насоса при его остановке.

На общей выкидной линии обоих насосов установлена еще одна задвижка диаметром 150 мм с гидравлическим приводом. Она позволяет выполнить промывку этого участка трубопровода технической водой.

В пруд аварийного сброса хвостов поступают аварийные стоки насосов питания сгустителя хвостов, емкости сбора сгущенных хвостов, а также обоих рядов насосов сгущенных хвостов в период остановки. Пруд аварийного сброса не защищен непроницаемым экраном. Общая вместимость пруда составляет 3290 м³. Пруд также используется для опорожнения магистрального пульпопровода.

Пруд оборудован насосом оборотной воды для возврата воды в распределитель питания сгустителя хвостов в системе сгущения хвостов. Система оборотной воды на насосной станции представляет насосная станция оборотной воды и водоприемный шандорный колодец.

1.4 Оценка промышленной безопасности при эксплуатации систем сгущения пульпы, гидравлического транспорта отходов и оборотного водоснабжения

Эксплуатационный персонал участка хвостового хозяйства и водоснабжения обеспечивает:

- бесперебойную работу систем гидротранспорта, гидроукладки хвостов, оборота технической воды;
- безаварийную работу оборудования, арматуры и трубопроводов в период между, планово-предупредительными ремонтами;
- безаварийную эксплуатацию гидротехнических сооружений;
- необходимую степень очистки сточных вод;
- бесперебойную транспортировку хвостовой пульпы с Фабрик по обогащению сульфидных и окисленных руд в хвостохранилище;
- бесперебойную подачу оборотной воды в корпуса Фабрики по обогащению сульфидных руд.
- рациональное использование материалов, природных ресурсов и своевременное заполнения требуемых журналов;
- защиту окружающей среды;
- постоянный, ежедневный круглосуточный контроль за состоянием ГТС, водосбросных, водоотводящих сооружений, обеспечивать выполнение мероприятий по контролю за пропуском паводковых вод.

Для нормальной эксплуатации и системы гидротранспорта хвостов

необходим постоянный контроль и наблюдения за режимом работы данной системы.

Наблюдение за состоянием, а также мелкий профилактический и текущий ремонт пульповодов осуществляется Службой по обслуживанию и ремонту Фабрики по обогащению сульфидных руд.

При эксплуатации насосов напор воды, подаваемой на гидроуплотнение, должен превышать напор хвостового насоса на 0,5-1 кг/см².

Нарушение работы пульповода может произойти из-за:

- уменьшения расхода пульпы в связи с изменением работы Фабрик по обогащению сульфидных и окисленных руд;
- увеличения переработки руды с загрузлением помола;
- снижения напора, развиваемого хвостовым насосом;
- наличия просадок на трассе пульповодов;
- попадания в пульповод посторонних предметов;
- утечки пульпы из пульповода на трассе;
- значительного износа стенок пульповода.

С целью предотвращения нарушений в работе пульповодов необходимо немедленно проводить рихтовку пульповода в местах значительной деформации его основания и производить замены изношенных участков, выявленных в результате ультразвуковой толщинометрии стенок.

Изменение режима работы пульповодов (заиливание) сопровождается увеличением манометрического напора в них, изменением (уменьшением) номинального тока в цепи электродвигателя хвостового насосов.

При закупорке участка пульповода должна производиться его очистка, которая осуществляется путем прокачки воды через весь пульповод или до ближайших промывных (выпусков). Если промывкой не удастся очистить затвердевший участок пульповода, то его разрезают на части и прочищают.

Нарушения работы пульпонасосной станции могут произойти из-за:

- неисправного пуска хвостовых насосов;

- прекращения подачи воды на гидроуплотнение хвостовых насосов;
- попадания в насосы посторонних предметов;
- перегрева и износа подшипников насосов;
- отключения электроэнергии;
- неисправности обратных клапанов и запорной арматуры на магистральных подачах хвостов и воды.

Для предотвращения нарушений в работе пульпонасосной станции необходимо:

- пуск и остановку хвостовых насосов производить согласно инструкции по эксплуатации оборудования;
- вести постоянное наблюдение за нормальной подачей воды на гидроуплотнение, где напор воды должен превышать напор грунтового насоса на 0.5-1.0 кг/см²;
- регулярно следить за смазкой подшипников;
- при отключении электроэнергии перейти на резервную линию.

В случае прекращения подачи воды на гидроуплотнение, попадании посторонних предметов, перегреве и износе подшипников насоса необходимо перейти на резервный насос и отключить неисправный.

При вибрации напорных пульповодов в цехе, износа рабочего колеса необходимо перейти на резервный насос.

Сброс пульпы в аварийный прудок допускается при аварии на пульповодах, при аварийном отключении электроэнергии и при необходимости опорожнить пульповод.

В аварийном бассейне всегда должна иметься место для принятия пульпы. Очистка аварийного бассейна производится после заполнения его на треть от объема.

1.5 Контроль за системой гидравлической перекачки хвостов

В задачи контроля и наблюдений за системой гидравлической укладки хвостов входят:

- проверка соответствия проекту работ, выполняемых силами эксплуатационного персонала, производится маркшейдерской (геодезической) службой 2 раза в год;
- наблюдения за соответствием технологии намыва и укладки хвостов, характеристикой сбрасываемой пульпы;
- отбор проб хвостов, перекаченных, определение физико-механических характеристик и контроль за их соответствием требованиям проекта. Пробы отбираются в следующих местах: у торца рабочего выпуска-далее через каждые 50 м. Определение физико-механических характеристик перекаченных хвостов производится не менее одного раза в год;
- наблюдение за положением депрессионной кривой в теле дамб прудов (осветленных, технической воды, аварийного) производится один раз в месяц гидрогеологической службой, с построением графика кривой;
- производство замеров деформаций осадок и смещений дамб прудов (осветленных, технической воды, аварийного) производит маркшейдерская служба 2 раз в год;
- наблюдения за проявлением трещин в теле дамб (осветленных, технической воды, аварийного) и состоянием их откосов, за состоянием сопряжений дамб (осветленных, технической воды, аварийного) с полотном площадки производится ежесуточно дежурным персоналом.
- определение степени очистки и осветления сточных вод производится лаборантами химического анализа Производственной

лаборатории один раз в месяц;

- наблюдения за состоянием водоприемных и водосбросных сооружений производится ежесуточно дежурным персоналом и один раз в год производится обследование с оформлением акта [25].

Нарушения и повреждения, выявленные в результате контроля и наблюдений, фиксируются на плане хвостохранилища и в Журнале результатов визуальных наблюдений за состоянием хвостохранилища с подписями ответственных лиц.

Наблюдение за хвостохранилищем включает в себя [26]:

- наблюдение за уровнем хвостов. Уровень хвостов необходимо ежемесячно регистрировать по всем участкам хвостохранилища;
- необходимо регистрировать уровень хвостов в водосбросе и проверять запас гребня;
- необходимо регистрировать уровень хвостов на северной границе хвостохранилища (вокруг эстакады хвостопровода) для измерения скорости роста уровня хвостов в течение времени и сверки результатов с объемами производства и прогнозным уровнем хвостов;
- наблюдение за уровнем зеркала грунтовых вод;
- необходимо ежемесячное наблюдение за уровнем воды в наблюдательных скважинах для контроля появления поверхностей фильтрации. Зимой наблюдение можно не производить, если доступ к скважинам затруднен;
- наблюдение за насыпью. Необходимо осуществлять осмотр насыпи и эстакады хвостопровода на отсутствие трещин, эрозии, осадки или фильтрации на низовом откосе и низовой пяте.

1.6 Технология перекачки хвостов в хвостохранилище на всех этапах эксплуатации хвостового хозяйства

Эксплуатация хвостохранилища считается нормальной, если обеспечиваются:

- бесперебойная перекачка хвостов в соответствии с режимом работы Фабрики по обогащению сульфидных руд с содержанием твердых частиц в сбросе 61-63 % и плотностью 1,6 т/м³;
- безаварийная работа насыпей, дамб, плотин прудов и эстакады пульпопровода в течение всего периода эксплуатации;
- бесперебойная работа дренажных устройств, водоприёмных колодцев, водосбросных коллекторов;
- необходимая степень осветления сточной воды для оборотного водоснабжения;
- безаварийное использование емкостей хвостохранилища.

Для нормальной эксплуатации системы перекачки хвостов технологическим персоналом выполняется своевременный контроль и наблюдения за процессом перекачки хвостов в хвостохранилище, а также за состоянием сооружений системы перекачки хвостов.

При эксплуатации хвостохранилища, для снижения потерь воды на фильтрацию в пруде технической воды и аварийном пруде, имеется минимальный объём воды, обеспечивающий достаточное её осветление и бесперебойную работу зимой.

При отсыпке насыпей, дамб и плотин горизонт воды в прудах должен быть оптимальным, он определяется необходимостью обеспечения объекта для аккумуляции паводков с водосбросной площадки хвостохранилища.

Для безаварийной работы намывной дамбы хвостохранилища необходимо:

- не допускать подъема уровня воды в отстойных прудах, в пруду

технической воды и аварийном пруду выше нормального подпорного горизонта;

- обеспечивать предусмотренные проектом плотность (1,6 т/м³) и гранулометрический состав (не менее 61-63%) пульпы;
- не допускать появления выходов фильтрационных вод на низовых откосах насыпей, дамб и плотин в прудах и в их сопряжениях с площадью основания;
- своевременно производить обвалование дамбы растительным грунтом.

В процессе перекачки в хвостохранилища не следует допускать утечек пульпы или воды из пульповодов и трубопроводов соответственно, на низовой откос дамбы прудов (осветленной, технической воды или аварийной).

Если депрессионная кривая выходит на низовой откос дамб прудов (технической воды или аварийной), необходимо выполнить наклонный дренаж, конструкция которого должна согласовываться с проектной организацией. Выход фильтрационного потока на низовой откос дамбы прудов (технической воды или аварийной) свидетельствует о недостаточной герметизаций, поэтому необходима срочная отсыпка пригруза и придавливания скальной породой и глиной, а в случае неэффективности этого мероприятия их капитальный ремонт, вопрос которой решается проектной организацией.

Для предотвращения разлива низового откоса прудов (осветленной, технической воды или аварийной) дождевыми водами, затопления и заболачивания местности в нижнем бьефе, необходимо систематически очищать дренаж, кюветы, нагорные и водоотводные каналы.

В паводковый период аккумуляция вод в отстойном пруде хвостохранилища должна производиться без превышения максимального уровня воды, установленного проектом эксплуатаций.

До наступления зимнего периода должен составляться и выполняться план мероприятий обеспечивающих нормальную работу сооружений

хвостового хозяйства в зимний период, обязательными пунктами мероприятий являются:

- уборка перемётов вдоль дренажного канала и очистка территории хвостохранилища от мусора, который препятствует безопасному сбросу потока;
- очистка от снега и льда всех подъездных дорог к дамбе (гребень дамбы, коммуникационный коридор, периметр дороги);
- поддержание насосов в рабочем состоянии и отвод воды с погружного насоса на дамбу;
- убедиться, что вход в декант не заблокирован и нет мусора, который препятствует безопасному сбросу потока;
- обход дамбы каждую смену и фиксация всех показателей;
- мониторинг уровня воды на дамбе и обновление отчета по водному балансу.

1.7 Аварийное перекрытие водосбросных и водоприемных сооружений

Аварийное перекрытие водоприемных сооружений производится в следующих случаях:

- при течи воды из резервуаров, емкостей. В этом случае течь может быть ликвидирована, компетентным на данный вид работ, бригадой;
- при течи в стыках или стенках коллектора. В этом случае течь может быть ликвидирована заменой данного участка коллектора.

Определение уровня оповещения и приведение в действие плана ликвидации аварий представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Определение уровня оповещения и приведение в действие плана ликвидации аварии

Классификация уровней тревоги при внештатных и аварийных ситуациях представлена в Приложении А.

Контроль за работой насосов в пульпонасосной станции и электродвигателей осуществляется по показаниям манометров, установленным на напорных трубопроводах в цехе и амперметров, установленных на пультах управления насосами в цехе и электрических распределительных устройствах. Уровень в резервуарах оборотной воды регистрируется уровнемерами, а объем потребления оборотной воды и фабрикой регистрируется расходомерами и выводится при помощи системы PI System на компьютеры.

Вывод по первому разделу: в данном разделе мы раскрыли общую технологическую структуру участка хвостового хозяйства и водоснабжения, провели анализ надежности и эксплуатационной безопасности используемых пульповодов, запорной арматуры и насосной станции хвостохранилища.

Рассмотрена система контроля и наблюдения за системой гидравлической перекачки хвостов при эксплуатации, приведена технология перекачки хвостов в хвостохранилище на всех этапах эксплуатации хвостового хозяйства. На основе анализа возможных аварий [16], разработана классификация уровней тревоги при внештатных и аварийных ситуациях (14 событий или условий) и план оповещения о нештатных ситуациях.

Также выявлены наиболее критические события, которые могут привести к максимальным разрушениям:

- вода переливает через дамбу либо границу пояса дамбы;
- внезапное либо резко увеличивающееся оползание откоса дамбы;
- порыв в районе разгрузки либо хвостовой линии, возможно приведшие к значительной либо катастрофической эрозии поверхности дамбы и/или утечке пульпы;
- новые трещины устоя дамбы с признаками просачивания и увеличения потока.

2 Расчетные методы моделирования сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища на основе анализа и оценки рисков

2.1 Технологическое описание хвостохранилища

Хвостовое хозяйство ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) является неотъемлемой частью технологического процесса обогащения медных руд и служит для безопасного складирования и хранения хвостов обогащения фабрики по обогащению сульфидных и глиняных руд.

Хвостохранилище включает в себя следующие объекты: первичную дамбу, дренажный канал, здания и сооружения хвостового хозяйства, находящиеся в пределах участка полевые, грунтовые и технологические автодороги, переливные трубы, дюкеры и др. коммуникации, связанные с технологическим процессом (Рисунок 4).

Схема размещения хвостов использует систему одноточечного отвода стандартно сгущенных хвостов в хвостохранилище, которое находится примерно в 2 км к западу от ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) в естественной впадине.

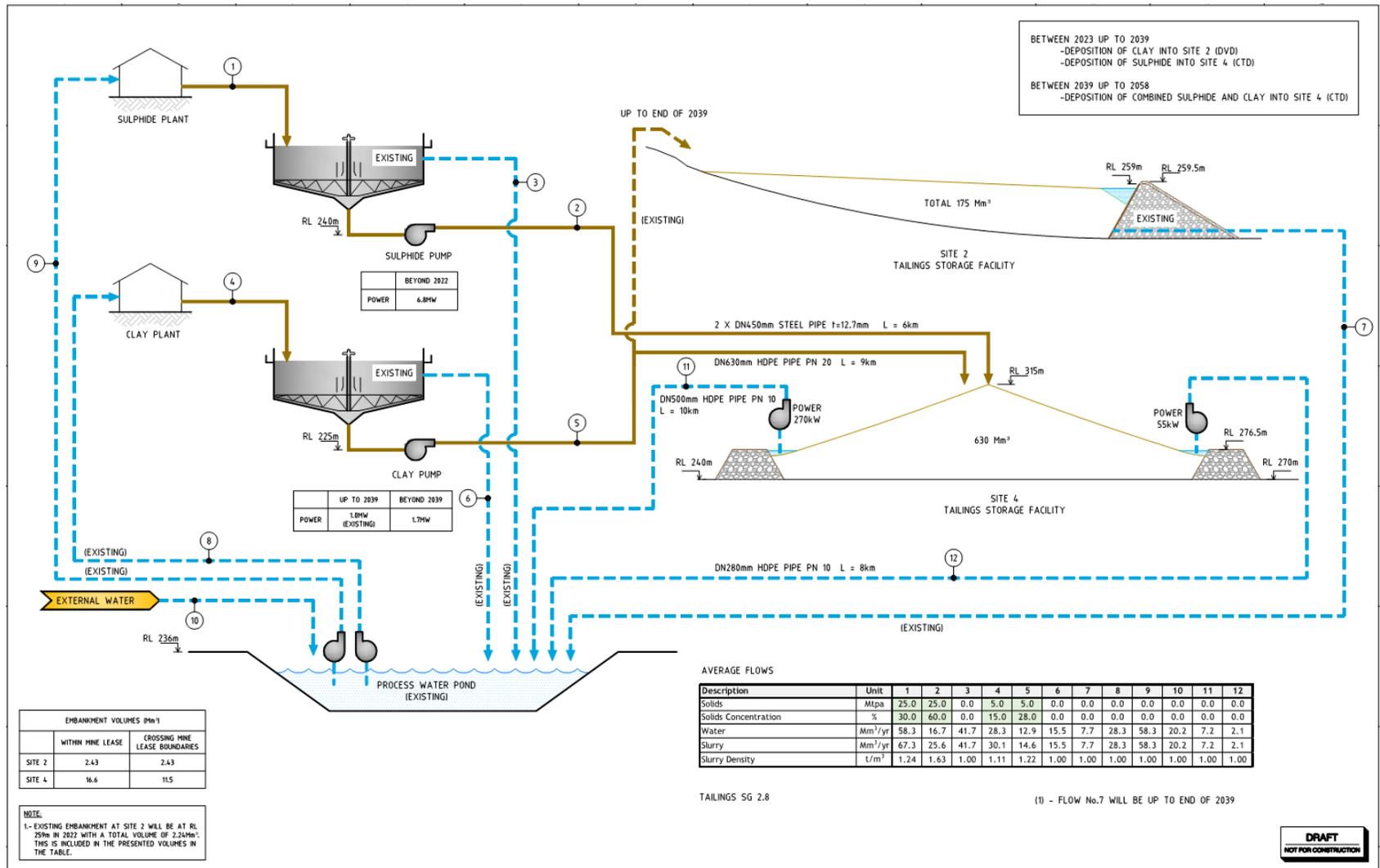


Рисунок 4 – Технологическая схема хвостохранилища обогатительной фабрики

Эксплуатация Участка 2 используемого для складирования хвостов до 2024 г. состоит из двух этапов. Ввод 1-го этапа хвостохранилища с отметкой гребня ограждающих дамб 252,00 м. состоялся в 2016 г. Во 2-м этапе предусматривается наращивание существующих дамб до отметки 259,00 м.

По типу устройства, хвостохранилище относится к плотинному типу. Заполнение хранилища осуществляется от берега к дамбе. Сброс пульпы осуществляется через два сосредоточенных выпуска, расположенных на западном берегу хранилища показанных на рисунке 5.



Рисунок 5 - Сброс пульпы в хвостохранилище

На основе данных сведений, в магистерской диссертации будут выполнены следующие исследовательские расчеты и методы моделирования:

- распространения опасного производственного фактора при образовании сероводорода при молибденовой флотации;
- радиационной безопасности и определение целесообразных действий людей на местности, зараженной радиоактивными веществами;

- фильтрационной прочности ограждающей дамбы хвостохранилища, с составлением графических показателей расчетного градиента напора в откосе ограждающей дамбы;
- устойчивости и фильтрационной прочности ограждающей дамбы хвостохранилища при заданной сейсмической нагрузке (графическая модель).

2.2 Особенности хвостохранилищ в аспекте обеспечения их промышленной безопасности и надежности

Хвостохранилища со складированными в них отходами обогащения полезных ископаемых с точки зрения промышленной безопасности и надежности представляют уникальные проблемы, во многом отличные от сходных проблем водохранилищных плотин из грунтовых материалов. Различия эти весьма существенные, несмотря на многие общие черты в функциональном предназначении сооружений. Хотя дамбы ограждения хвостохранилищ являются объектами столь же ответственными, как и грунтовые плотины водохранилищ – во всех аспектах, и требования к их надежности и безопасности должны быть одинаковы, на практике это не всегда соблюдается.

Отметим следующие основные факторы, которые характеризуют отличия этих двух типов грунтовых гидросооружений с точки зрения надежности и промышленной безопасности:

- существенно могут различаться обстоятельства проектирования, возведения и эксплуатации водохранилищных плотин и дамб ограждения хвостохранилищ. Водоподпорные плотины обычно являются основной частью весьма престижных инженерных комплексов, тогда как дамбы хвостохранилищ часто рассматриваются как второстепенные объекты для хранения отходов, что затрудняет обеспечение соответствующих уровней

технических решений на всех стадиях – изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и консервации.

- водоподпорные платины и дамбы ограждения хвостохранилищ существенно различаются по продолжительности их строительства. Водоудерживающие грунтовые платины обычно строятся несколько лет, тогда как дамбы хвостохранилищ могут строиться на протяжении длительного периода времени, обычно, - в течении всего срока службы хвостохранилища, с наращиванием в высоту и/или длину. Для хвостохранилищ весьма трудно разделить фазы собственно строительства и эксплуатации. При этом сроки строительства затрудняют обеспечение высоких стандартов качества возводимых сооружений [32]. Следует также учитывать различия (иногда существенные) в проектных решениях по первичным дамбам и дамбам наращивания, принимаемым спустя десятки лет существования накопителя.
- имеют место различия в проектных и конструктивных решениях, процессах, протекающих в теле сооружений и основаниях, материалах, используемых при строительстве водоподпорных грунтовых и дамб ограждения хвостохранилищ. Кроме того, в отличие от грунтовых плотин водохранилищ, водосборные сооружения которых как правило, стараются выносить за пределы плотин, водосборные коллекторы хвостохранилищ, обычно располагаются в теле дамб ограждения либо в их основании и т.п. создавая, таким образом, дополнительные ослабления в напорном фронте.

Как и в случае грунтовых плотин водохранилищ, отказы и аварии на хвостохранилищах носят системный характер и могут быть сопряжены с различными последствиями, как технико-экономического, так и социально-экологического характера. Выход из строя хвостохранилища, как одного из ключевых элементов единой системы гидротранспорта, складирования

хвостов обогатительной фабрики и оборотного водоснабжения может повлечь за собой нарушение всего технологического цикла обогащения руд со значительными экономическими ущербами от простоя предприятия. При исчерпании полезной емкости требуется устройство нового хвостохранилища с организацией землеотвода, строительством первичных дамб ограждения и пр. Восстановление работоспособного состояния хвостохранилища, на котором произошла авария, также требует проведение дорогостоящих ремонтных и восстановительных работ.

Особую проблему составляют прорывы дамб ограждения хвостохранилищ (гидродинамические аварии) с выбросом накопленных хвостов на прилегающие территории и непредсказуемыми, катастрофическими последствиями для населения и окружающей среды. Такие отказы следует рассматривать в аспекте техногенной безопасности.

С 1965 года, по данным открытых источников [1], зафиксировано 16 случаев катастрофических аварий на хвостохранилищах различного типа. Несмотря на наметившееся в последние годы повышенное внимание специалистов к проблемам обеспечения надежности и безопасности хвостохранилищ, успехи, достигнутые в инженерном исполнении в эксплуатации таких сооружений, вероятность новых катастрофических аварий на хвостохранилищах остается весьма высокой. По самым оптимистическим оценкам вероятность аварий на хвостохранилищах превышает таковую на водохранилищах грунтовых плотинах не менее чем на порядок [4]. При этом если достижения в области обеспечения надежности водохранилищных грунтовых плотин отражаются в постепенном снижении частот аварий на них, то положение дел с частотами аварий на дамбах ограждения хвостохранилищ все еще желает лучшего.

На рисунке 6 приводится график, распределения частот катастрофических аварий на хвостохранилищах, построенный по данным об известных крупных авариях в мире. График наглядно демонстрирует отсутствие существенного прогресса в обеспечении надежности

хвостохранилищ, выраженной в статистике крупных аварий на них за 55 последних лет.

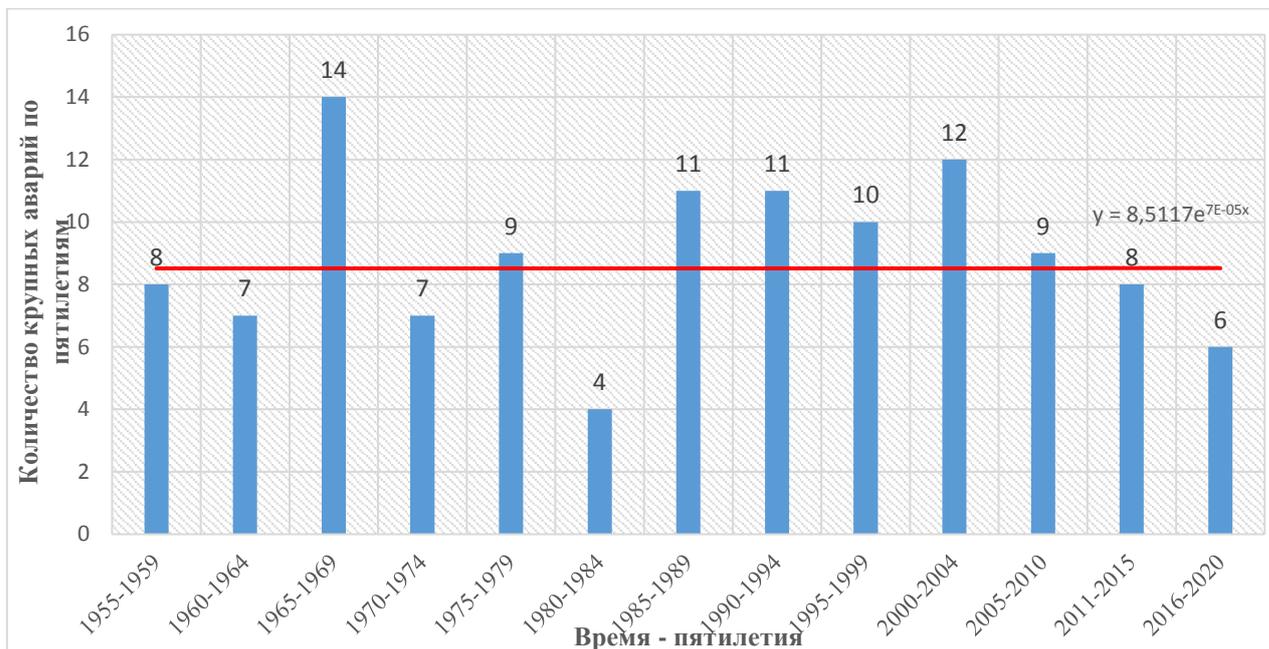


Рисунок 6 – Распределение частот катастрофических аварий на хвостохранилищах в мире по пятилетиям (1955-2020 гг.)

Следует также обратить внимание на особенности различных непосредственных причин, приводящих к разрушению дамб ограждения хвостохранилищ. Для дамб ограждения хвостохранилищ наиболее вероятной непосредственной причиной разрушения следует признать потерю устойчивости с последующим обрушением (оползанием) откосов [8]. С обрушением откосов связывают более 34% от всех разрушительных аварий на дамбах ограждения хвостохранилищ. При этом для грунтовых плотин водохранилищ этот показатель составляет всего около 5% [3].

Если учесть несомненный прогресс в расчетах грунтовых откосов на устойчивость, достигнутой в последнее время, то факт столь низкой надежности откосов дамб ограждения хвостохранилищ против обрушения по сравнению с водохранилищными грунтовыми плотинами должен насторожить. Это может свидетельствовать только об одном: весьма низкой

инженерной культуре строительства и эксплуатации хвостохранилищ. Косвенно о негативной роли человеческого фактора в низкой надежности хвостохранилищ может свидетельствовать также весьма высокий процент (16%) неустановленных причин разрушения дамб ограждения по сравнению с грунтовыми плотинами водохранилищ (всего около 2%) [14].

2.3 Исследование техногенного риска на объекте хвостового хозяйства обогатительной фабрики с целью управления их надежностью и безопасностью

Исследованиями риска при возведении гидротехнических сооружений как отечественные, так и зарубежные инженеры, по сравнению с другими технологиями, активно начали заниматься сравнительно недавно. По многим аспектам этих исследований, включая и терминологические, до сих пор имеются серьезные разногласия, недоработки и упущения. Поэтому многие из проблем обсуждаются и согласовываются на международном уровне. К решению в последнее время подключилась и Международная комиссия по большим плотинам (ICOLD).

По версии ICOLD под риском аварии на гидротехническом сооружении следует понимать «меру вероятности и тяжести негативных эффектов для жизни, здоровья, собственности или состояния окружающей среды» [36]. Комитет по безопасности плотин ICOLD рекомендует оценивать риск аварий на гидротехнических сооружениях в виде математического ожидания последствий реализации нежелательного события (как произведение вероятности отрицательного события на математическое ожидание величины его последствий) или в виде определенной комбинации (сценария) вероятностей реализации событий и связанных с ними последствий. Таким образом, риск представляющей функцией вероятности аварии на гидротехническом сооружении и ее последствий, и, нередко, при

катастрофических авариях может быть существенной величиной, даже если вероятность аварийного события очень мала

Аналогичная трактовка риска может быть использована и при исследованиях техногенного риска в системах хвостового хозяйства обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь).

Как и в случае с другими объектами и технологиями, включая гидротехнические сооружения, исследование риска на авариях на объектах хвостового хозяйства обогатительной фабрики обуславливается не только неопределенностью влияний окружающей среды и реакций сооружений хвостового хозяйства обогатительной фабрики на эти влияния, но и высокой социально-экологической и социально-экономической ценой отказов и аварий на этих объектах.

По размерам ущерба аварии на хвостовом хозяйстве обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) можно разделить на три категории [11]:

- катастрофическое разрушение хвостохранилища с мощными селевыми потоками, смывающими на своем пути здания и строения, приводящие к многочисленным жертвам; по возможным причинам и последствиям эти аварии сродни гидродинамическим авариям при прорывах плотин из грунтовых материалов;
- аварии, в результате которых происходит временная остановка обогатительной фабрики; как правило, эти аварии не вызывают катастрофических разрушений сооружений и гибели людей [12];
- локальные аварии отдельных элементов хвостового хозяйства, например, в виде разрушения сетей гидротранспорта хвостов или обратного водоснабжения, нарушение местной устойчивости ограждающих дамб хвостохранилища и т.п.; в результате происходят различного рода временные ограничения в работе

рудоподготовительного комплекса комбината, проводящие к использованию дублирующих сооружений.

Возможность катастрофических аварий на хвостовом хозяйстве обогатительных фабрик не исключается ни в одной стране и ни на одном объекте. Последствия аварий при прорыве дамб ограждения хвостохранилищ могут быть непредсказуемыми, в экономическом отношении значительно превышать затраты на строительство и эксплуатацию объектов хвостовых хозяйств обогатительной фабрики.

В таблице 1 приводится форма оценки техногенных рисков выполненной на хвостохранилище обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Boshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь). Оценка рисков наглядно демонстрирует высокий уровень остаточного риска рассматриваемых катастрофических сценариев.

Таблица 1 - Оценка техногенного риска на хвостохранилище хвостового хозяйства

Код риска	Наименование подразделения/ функции (владелец риска)	Риск (рисковое событие)	Причины (источники)	Воздействие риска (последствия)	Сценарий (обоснование) для оценки присущего риска	Оценка присущего риска, включая финансовую оценку	Присущий риск			Текущие (существующие) меры по снижению риска / контроли / процедуры	Оценка остаточного риска, включая финансовую оценку	Остаточный риск								
							Оценка воздействия риска	Оценка вероятности ущерба	Ранжирование риска (уровень от 1 до 25)			Оценка воздействия риска						Оценка вероятности ущерба	ранжирование риска (уровень от 1 до 25)	
												производство	финансовый	здоровью	ТБ	правовые	репутация			гос. регулиро
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						14	15	
1.	Директор фабрики	Потеря возможности транспортировать хвосты на хвостохранилище и получать обратную воду	1. Аварии оборудования, включая сгустители 2. Порывы труб 3. Недостаток знаний у операторов 4. Экстремальная погода, вызывающая перемерзание труб 5. Пожар уничтожит все 8 насосов хвостохранилища и большую часть остального оборудования в здании 6. Прекращение энергоснабжения 7. Отсутствие резервной линии электроподдачи 8. Отсутствие резервной линии хвостового трубопровода	1. Аварийный останов фабрики 2. Затраты на ремонт	Замерзание сбросной трубы приведет к потере 300 м линии и займет 4 недели на ремонт с потерей производства	Экономические последствия - 5 Последствия производства - 5 Правовые аспекты и соответствие требованиям (комплаенс) - 1 Репутация - 1 Правительственное регулирование - 1 Риск по вероятности возникновения - 4	5	4	Экстремальный (24)	1. Дренажная система трубопровода после аварии насосов 2. Обучение 3. Программа техобслуживания 4. Программа мониторинга условий 5. Шкафы ПЛК 6. Расходомеры на каждом конце 7. Аварийный ввод позволит линии произвести дренаж и сброс 8. Аварийный ввод поддержит режим рециркуляции сгустителя 9. Установлена вторая линия подачи на хвостохранилище	Экономические последствия - 5 Последствия производства - 5 Правовые аспекты и соответствие требованиям (комплаенс) - 1 Репутация - 1 Правительственное регулирование - 1 Риск по вероятности возникновения - 2	5	5	4	5	5	4	5	2	Высокий (21)

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						14	15	
2.	Директор фабрики	Авария на дамбе хвостохранилища	1. Обрушение стенки 2. Дренажное скважины через основание стенки хвостохранилища	1. Остановка работы фабрики на период ремонта и расследования 2. Выброс хвостов в на рельеф 3. Постоянный сброс поровых вод хвостов в открытую среду 4. Повреждение пульпопровода и трубопровода оборотной воды 5. Ущерб репутации	Перелив через стенку дамбы приведет к ее эрозии и обрушению, с последующим выбросом хвостов на рельеф	Экономические последствия - 5 Последствия производства - 5 Правовые аспекты и соответствие требованиям (комплаенс) -5 Репутация - 5 Правительственное регулирование - 5 Риск по вероятности возникновения - 2	5	2	Высокий (21)	1. Дамбы спроектированы международной компанией 2. Дамбы проверены независимым экспертом 3. Работа в тесном сотрудничестве с дизайнерской компанией АТС Williams. 4. Несколько контрольных скважин в верхней и нижней части набережной. 5. Инженерное проектирование с процессом обзора	Экономические последствия - 5 Последствия производства - 5 Правовые аспекты и соответствие требованиям (комплаенс) -5 Репутация - 5 Правительственное регулирование - 5 Риск по вероятности возникновения - 1	5	5	4	4	5	5	5	1	Высокий (20)

В аспекте управления надежностью и безопасностью исследования техногенного риска на объекте хвостового хозяйства обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) могут проводиться для решения следующих практических задач:

1) Раннего оповещения о риске аварий (диагностика потенциальных опасностей).

Анализ и оценка риска позволяют выполнить ранжирование опасностей и факторов риска с выявлением среди них приоритетных. Риск «тонко» реагирует на изменчивость и неопределенность данных, может изменяться в значительном диапазоне, «диагностируя» проблемные факторы. С точки зрения оптимизаций действий по управлению собственностью анализ и оценка риска могут включать и идентификацию рисков отказов и неисправностей объектов хвостового хозяйства обогатительной фабрики, не связанных с авариями, на которые могут иметь значение для эффективности бизнеса собственника или для третьей стороны.

2) Обеспечение лучшего понимания поведения объектов.

Важнейшим результатом исследований техногенного риска является вскрытие приоритетов на основе более точной идентификации особенностей и условий эксплуатации сооружений, способствующих не только их уязвимости, но и живучести, а также исследование поведения сооружения с точки зрения изменчивости его реакции на случайные изменения внешних влияний и условий эксплуатации.

3) Обоснование потребности в дополнительной информации.

Разная изменчивость и неопределенность факторов и параметров продуцируют различные «вклады» этих факторов и параметров в общий риск. Формам аварии, которые продуцируют небольшие «вклады» в полный (обобщенный, общий) риск, в дальнейшем можно уделить большее внимание. Анализ риска указывает и на области, где имеет место неопределенности, причем в процессе исследований риска вскрываются пути снижения этих

неопределённостей. Дальнейшие исследования могут снизить вклад соответствующих форм аварий в общий риск.

4) Выработки и формулирования альтернативных действий.

Информация, которую можно почерпнуть при анализе и оценке риска, помогает сформулировать альтернативы, которые способны эффективно снижать идентификационные риски на конкретном объекте [13].

5) Рационального использования ресурсов, отпускаемых на обеспечение надежности и безопасности объектов хвостового хозяйства обогатительной фабрики.

Имеющиеся в распоряжении ресурсы для обеспечения надежности и безопасности объектов, как правило, ограничены. Ограничения могут оказывать влияние на текущее состояние сооружений, готовность персонала выполнять заданные функции, готовность оборудования. Могут ограничиваться объемы финансирования и/или время.

В каждом из этих случаев выбор в пользу того или иного решения может быть сделан с учетом приоритетов различных рисков.

Процесс анализа и оценки риска является итерационным, повторяющимся по мере поступления новой информации. Обычно первоначальные условия с использованием имеющейся в распоряжении информации приводят к необходимости уточнения исходных данных, дополнительных исследований и изысканий. После получения новой информации производится новый этап исследований риска в соответствии с модификацией вероятностных оценок. В рамках такого оценивания выявляются факторы и параметры, «вклад» которых в общий риск максимален. Идентифицируются и потенциальные меры, которые могут способствовать снижению риска. Эффективность таких мер оценивается при сопоставлении новых вероятностей реализации учитываемых форм аварии с их первоначальными значениями при существующих условиях. В таком виде исследования риска являются интегральной частью процесса выработки решений по обеспечению надежности и безопасности хвостового хозяйства

обогащительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь).

2.4 Моделирование сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища

В последнее столетие в мире произошло более одной тысячи случаев разрушения гидротехнических сооружений, причинами которых были метеорологические явления, факторы геологического и геофизического характера, а также ненадлежащая система управления гидротехническими сооружениями.

Моделирование возможной гидродинамической аварии на дамбе ограждения хвостохранилища ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) является весьма сложной задачей, отяжеленной неопределенностью информации о внутренних и внешних факторах, которые могут прямо или косвенно определять предаварийное состояние хвостохранилища, механизм инициирования аварии, форму (вид, непосредственную причину) гидродинамической аварии на дамбе и ее последствия.

Одной из наиболее сложных проблем при моделировании гидродинамической аварии на дамбе ограждения хвостохранилища является моделирование механизма возникновения аварии [5]. Даже выбор собственно формы (вида) возможной аварии является сложной вероятностной задачей. С той или иной вероятностью, это может быть оползание откоса, внутренняя эрозия, либо перелив воды через гребень дамбы ограждения [15]. Оползание откоса может быть с захватом отстойного технического пруда, т.е. с мгновенным раскрытием прорана, и без захвата пруда, когда дальнейшая авария уже реализуется по сценарию эрозии ослабленной напорного грунтового сооружения. Следующей сложной задачей является выбор расчетных параметров ослабления в теле дамбы и т.п.

К неопределенности информации физической природы (связанной с ограниченностью знаний относительно физики протекания аварийных процессов и явлений) прибавляется и эпистемическая неопределенность, выражающаяся в упрощении математических моделей рассматриваемых аварийных процессов и явлений. При этом каждая из возможных форм аварии может реализоваться различными механизмами, а один и тот же механизм инициирования аварии может привести к различным ее формам.

В условиях неопределённости факторов, определяющих возникновение аварии, решающее значение имеет структуризация задачи. После структуризации сложной, отягощенной неопределенностью задачи речь может идти о формализации отдельных уже хорошо структурированных задач. Наиболее последовательно структуризация задачи с раскрытием неопределённости осуществляется в процессе причинно-следственного анализа при построении сценариев аварии [33]. При этом, по мере «расщепления» проблемы, дифференциации сложных процессов, событий и состояний на объекте, задача получения формальных, как экспертных, так и аналитических оценок состояния отдельных структурных единиц дамбы хвостохранилища непосредственно перед аварией и при ее реализации существенно упрощается.

Сценарий аварий представляет собой графологическую модель происшествий в прошлом либо вероятной аварии на объекте, выполненную в виде причинно-следственной диаграммы, отображающей последовательность событий, состояний, явлений и процессов и т. п., определяющих возможные причины возникновения, характер развития и последствия аварии.

Различаются ретроспективные и перспективные сценарии аварий. И те, и другие, по сути, являются модельными, гипотетическими сценариями аварий. В настоящей работы мы выполним построение перспективных сценариев аварий.

Перспективный сценарий аварии строится на основе эвристических предположений о возможных причинах и последствиях возможной аварии на

исследуемом объекте [34]. При построении перспективного сценария аварии используется индуктивный метод анализа. Кроме того, при моделировании перспективных сценариев аварий могут использоваться ретроспективные сценарии, построенные для исторических случаев аварий на аналогичных по типу, конструкции, условиям эксплуатации и пр. сооружениях.

В общем случае сценарий гидродинамической аварии на хвостохранилище может состоять из трех основных структурных частей:

- сценария возникновения аварии – «корневой части» соответствующей причинно-следственной диаграммы;
- головного события, определяющего гипотетическую непосредственную причину (форму) или же несколько возможных, гипотетических непосредственных причин аварии – «ствола» причинно-следственной диаграммы;
- сценария развития аварии – «веток» причинно-следственной диаграммы – различного рода последствий аварии;

В общем случае все возможные нарушения, отказы, неисправности и повреждения на ограждающих дамбах хвостохранилищ можно свести к нескольким группам сценариев возникновения основных (форм, видов) аварий, которые могут привести к гидродинамической аварии.

Индивидуальные сценарии возникновения гидродинамической аварии в зависимости от непосредственных причин (форм) аварий разрабатываются в зависимости от особенностей сооружения, условий его эксплуатации, действующих факторов и пр., индивидуализированных в каждом конкретном случае исходных причин, потенциально иницирующих или же определяющих развитие аварийных процессов. В настоящей работе учитывался тип, конструкция дамбы хвостохранилища обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Boshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь), вид основания, местоположение возможного источника возникновения аварии, время возникновения возможной аварии, топографические, инженерно-

геологические и климатические особенности Павлодарской области Республики Казахстан.

В ходе исследования выделены четыре сценария гидродинамических аварий на хвостохранилище ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь).

Рассмотрим первый из возможных сценариев - оползание (обрушение) низового откоса дамбы ограждения хвостохранилища с последующим ее разрушением прорывом и выходом складированных хвостов за пределы отчуждения. Согласно карте общего сейсмического районирования территории Казахстана, разработанной Нусиповым Е.Н., Тимуш А.В., территория Павлодарской области находится в зоне 5-ти бальной сейсмической активности (по шкале MSK-64). В соответствии с СП РК 5.01-102-2013 "Основания зданий и сооружений" [30] в районах сейсмичностью менее 7 баллов основания хвостохранилищ допустимо строить без учета сейсмических воздействий. В соответствии с этим мы не рассматриваем опасность оползания откоса в связи с сейсмическим воздействием и связанное с ним разжижение грунтов и хвостов, разжижения материалов в результате вибрации при работающем водосборном коллекторе. Возможной причиной оползания откосов может стать переполнение отстойного пруда или обводнение призмы дамбы ограждения в результате обильных дождей.

Гидродинамическая авария при таких сценариях возможна при реализации любого из них в пределах формирования дамбой ограждения напорного фронта (на любом напорном участке дамбы и в любом потенциально возможном направлении. Построение обобщенного по разным причинам перспективного сценария возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) в результате обрушения откоса дамбы ограждения приводится на рисунке 7.

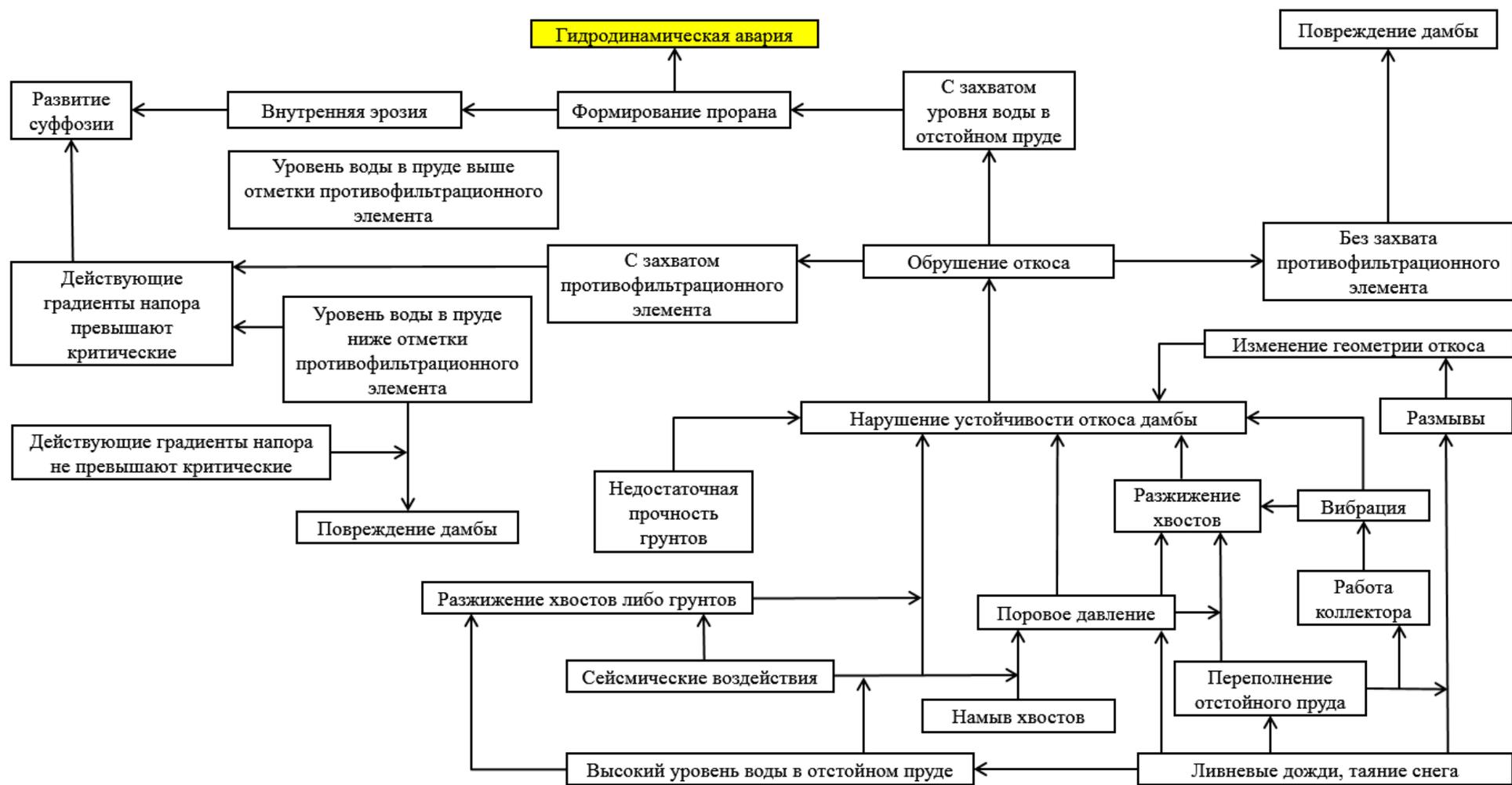


Рисунок 7 - Моделирование обобщенного перспективного сценария возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище в результате обрушения откоса дамбы ограждения

Вторым сценарием гидродинамической аварии является внутренняя фильтрационная эрозия тела либо основания дамбы ограждения хвостохранилища с последующим ее погружением (прорывом) и выходом складированных хвостов, либо других загрязнений за пределы зоны отчуждения.

Гидродинамическая авария при таком сценарии возможна в результате нарушения общей фильтрационной прочности (суффозии, фильтрационного выпора, контактного разрыва и пр.) тела дамбы, ее основания, противофильтрационного элемента, в пределах формирования напорного фронта, в том числе и в результате трещинообразования, на любом напорном участке дамбы ограждения и в любом потенциально возможном направлении.

Пример построения обобщенного перспективного сценария возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище, в результате внутренней фильтрационной эрозии тела, либо основании дамбы ограждения приводится на рисунке 8.

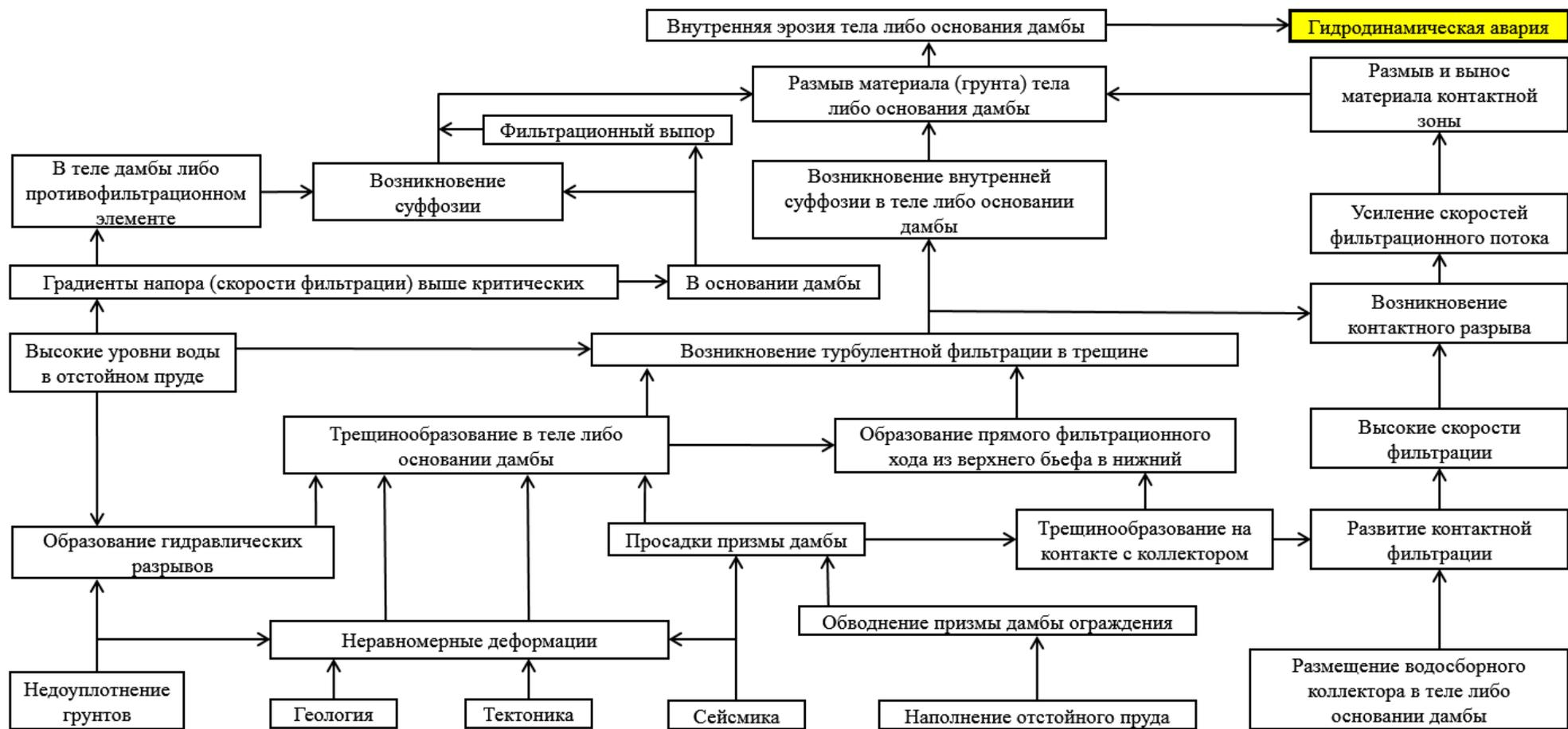


Рисунок 8 - Моделирование обобщенного перспективного сценария возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище в результате внутренней фильтрационной эрозии тела либо основания дамбы ограждения

Третий сценарий аварийной ситуации приводит к переливу воды через гребень дамбы ограждения хвостохранилища, с последующим ее размывом в результате образования волны перелива, разрушением (прорывом) и выходом складированных хвостов за пределами зоны отчуждения.

Перелив через гребень может произойти при переполнении отстойного пруда из-за обильных дождей и таяния снега; в результате блокирования водосборных колодцев и снижения их пропускной способности; вследствие прорыва вышележащей секции накопителя и воздействия ветровых волн. Перелив воды через гребень дамбы может произойти в результате любой из перечисленных причин, в том числе и при различных их комбинациях. Гидродинамическая авария при таких сценариях возможна в результате реализации любого из них в пределах формирования дамбой ограждения напорного фронта (на любом напорном участке дамбы и в любом потенциально возможном направлении).

Модель обобщенного перспективного сценария возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) в результате перелива воды через гребень ограждения приводится на рисунке 9.

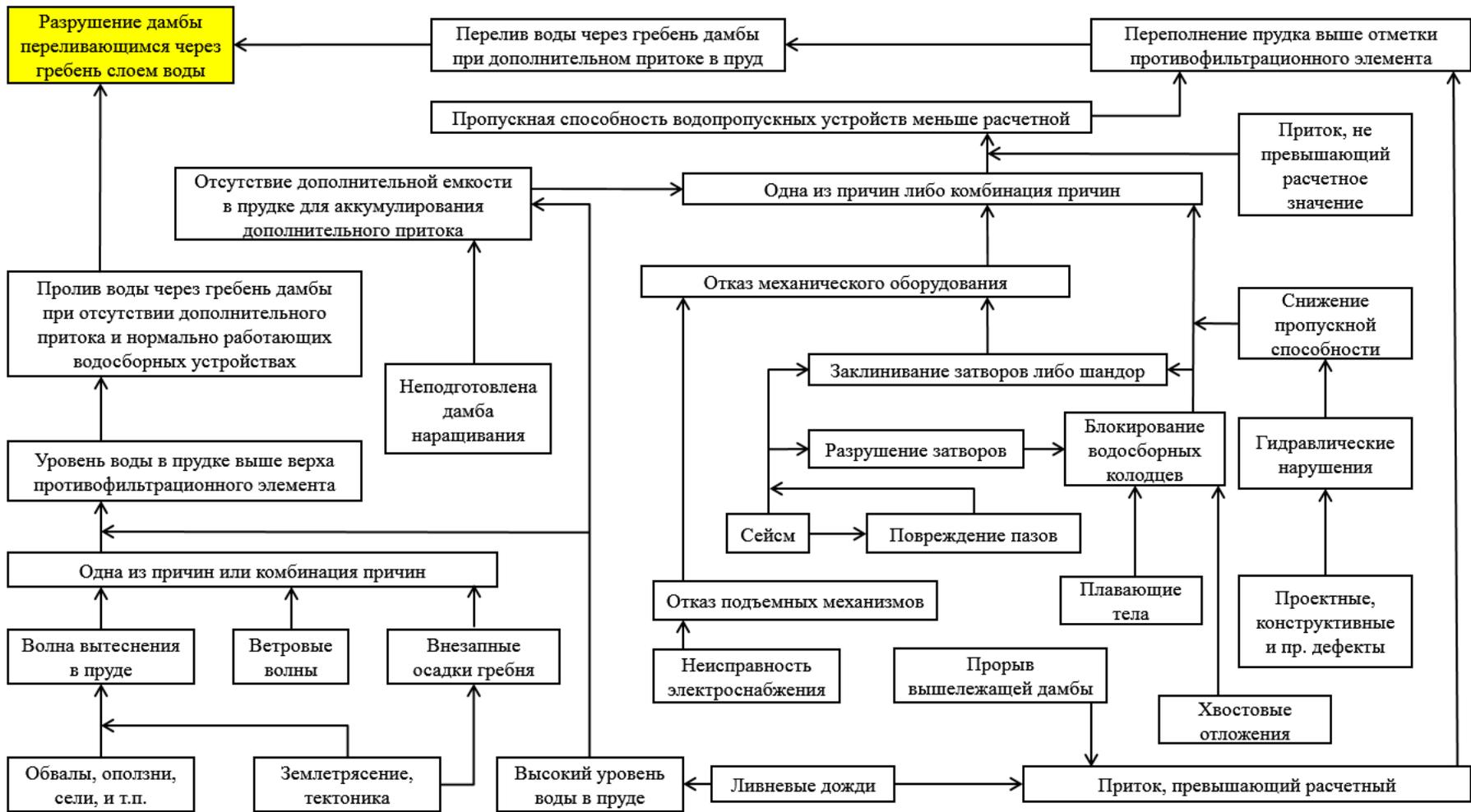


Рисунок 9 - Моделирование обобщенного перспективного сценария возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище в результате перелива воды через гребень ограждения

Четвертый рассмотренный сценарий гидродинамической аварии ведет к разрушению водосборного коллектора в теле либо основании дамбы ограждения хвостохранилища с последующим ее разрушением (прорывом) и выходом складированных хвостов, либо других загрязнений за пределы зоны отчуждения.

Водоотведение осветленной воды из отстойного пруда хвостохранилища, как правило, осуществляется по водосборным коллекторам, выполняемым в виде труб, проложенным в теле дамбы или в ее основании, иногда по верху дамбы ограждения.

Авария может произойти в результате потери целостности коллектора и утечек воды с последующим прорывом дамбы (см. модель перспективного сценария на рисунке 10). Основными причинами разрушения металлических коллекторов, в данном случае, может быть некачественная сварка металлических труб, наружная механическая коррозия и давление от хвостовых отложений.

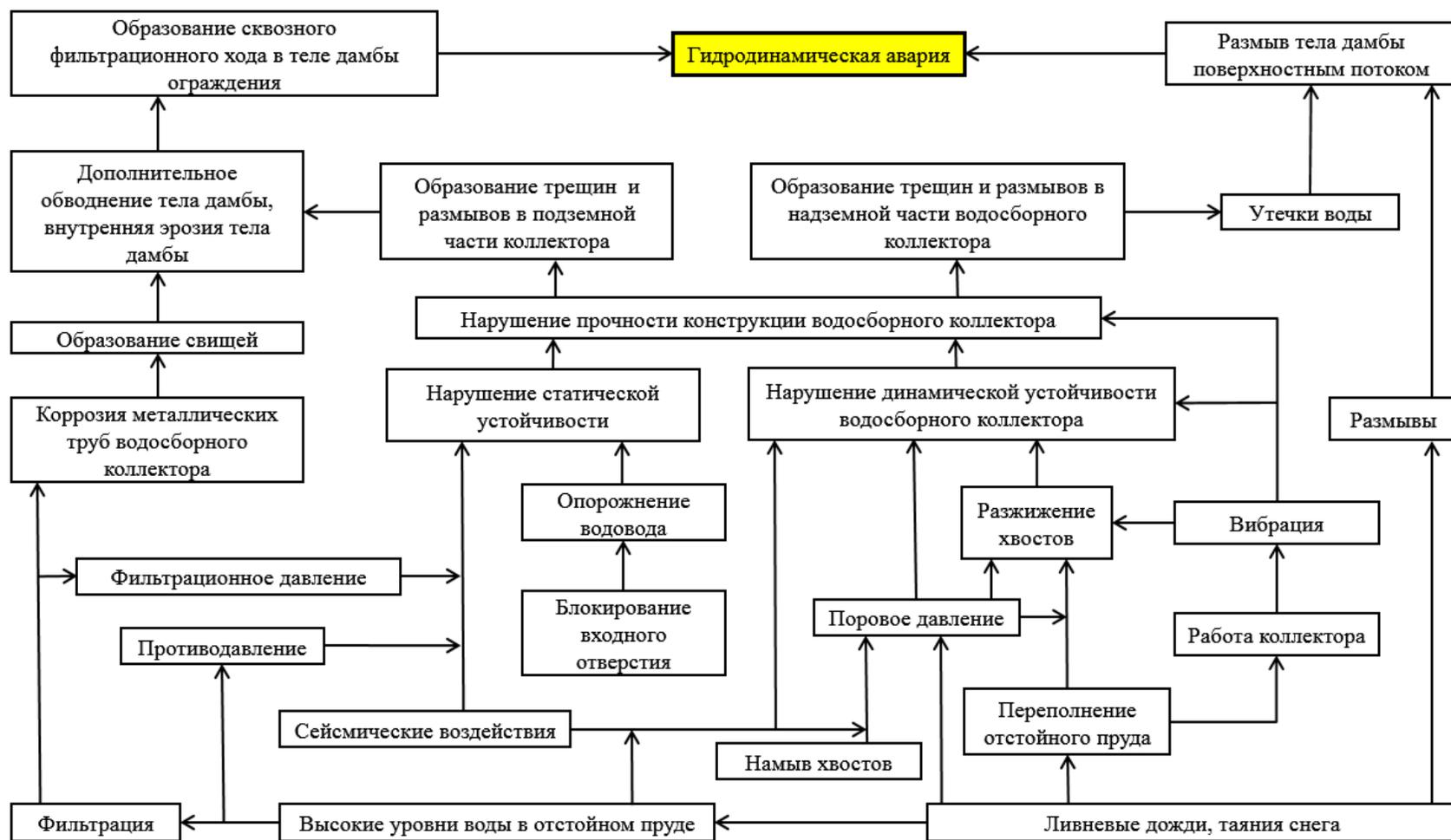


Рисунок 10 - Моделирование обобщенного перспективного сценария возникновения гидродинамической аварии на хвостохранилище в результате разрушения водосборного коллектора в теле либо основании дамбы ограждения

На территории России и Казахстана в настоящее время эксплуатируется более четырехсот хвостохранилищ [32]. Разрушение таких опасных объектов несет огромный риск для людей, т.к. может привести к катастрофическому затоплению местности, населенных пунктов, гибели большого количества людей, экологическим непосредственным и отдалённым последствиям. Использование моделей гидродинамических аварий на этапе проектирования новых хвостохранилищ или расширения имеющихся, позволяет определить уязвимые места системы для минимизации возможных негативных последствий в случае гидродинамической аварии.

Вышеперечисленные, обобщенные по четырем группам, сценарии возникновения основных форм аварий на дамбах ограждения хвостохранилищ, как результирующие события, в исторической ретроспективе приводили к гидродинамической аварии на хвостохранилищах и гипотетически могут стать причиной гидродинамической аварии на хвостохранилище обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) и аналогичных объектах в будущем. Каждый из приведенных выше сценариев способен приостановить деятельность обогатительной фабрики на неопределенный срок.

2.5 Физико-математические методы расчета возможных последствий гидродинамической аварии

Порядок определения общего уровня опасности объекта определяется согласно «Правилам определения общего уровня опасности опасного производственного объекта». Расчет выполнен для наиболее вероятного сценария развития гидродинамической аварии на хвостохранилище (сценарий №1) согласно РД 03-607-03 «Методические рекомендации по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов» [24].

Расчетный створ размыва принят в наиболее опасном месте, где высота дамбы после строительства ограждающей дамбы хвостохранилища на отм. 259,00 мБС (этап 2) достигнет 17,9 м.

Задерживающими, ограждающими и направляющими для потока сооружениями приняты насыпи под железную и автомобильную дороги, а также насыпь под магистральные пульповоды.

Исходные данные для расчета растекания и результаты расчета сведены в таблицы 2.

Таблица 2 - Исходные данные для расчета растекания в случае гидродинамической аварии (Сценарий №1)

Наименование	Ед. изм.	Значение
Площадь отстойного пруда хвостохранилища	млн.м ²	6,0
Средний проектный объем жидкой фазы пульпы в отстойном пруду хвостохранилища (в т.ч вода в отстойном пруду ~5.0 млн.м ³)	млн.м ³	7,5
Максимальная разница между отметкой гребня ограждающей дамбы и отметкой, до которой могут вытекать (хвосты)	м	33,5
Ширина гребня дамбы	м	8
Высота ограждающей дамбы	м	17,9
Заложение верхового откоса дамбы	-	1:2.25
Заложение низового откоса дамбы	-	1:03
Средневзвешенный размер частиц грунта (хвостов)	мм	0,19
Плотность частиц грунта (хвостов)	т/м ³	2,84
Плотность сухого грунта (хвостов)	т/м ³	1,55
Нормативное удельное сцепление грунта (хвостов)	кПа	10
Плотность вытекающих жидких отходов	т/м ³	1,2
Вязкость вытекающих жидких отходов	см ² /с	0,0101

Глубину слоя, вытекающего из пруда хвостохранилища, ΔH_i определим по графикам зависимости объема отходов в хвостохранилище и площади заполнения хвостохранилища. При $i=1,01$ принимаем, что $H_0 = y_0$ и $H_0 = 0$

Для определения расхода потока в проране воспользуемся формулой:

$$Q_i = mb_i \cdot H_i^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2g}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где m - коэффициент водослива, принимаемый равным 0,31;

g - ускорение силы тяжести, равная 9,81 м/с;

H_i – глубина слоя хвостохранилища, м;

b_i – ширина аварийного прорана, м.

Для определения удельного расхода потока в проране воспользуемся формулой:

$$q_i = \frac{Q_i}{b_i} = \delta_{op} \cdot H_i^{\frac{3}{2}}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (2)$$

где, δ_{op} – просачиваемость прорана, принимая равной 1,373.

Расчет не размывающей скорости для несвязанных грунтов u_{0i} , м/с, определяется для заданного значения и гидравлических параметров потока по зависимостям В.С.Кнороза, согласно заданному значению для $0,05 \text{ мм} < d < 0,25 \text{ мм}$:

$$u_{0i} = 0.71 \cdot \frac{v^{0.3} \cdot (g\rho_{ж})^{0.35} \cdot d^{0.05}}{\sqrt{0.008 + (0.006 \cdot R_i^{-0.25})}} \quad (3)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости и неконсолидированных отходов (жидких отходов), т/м³;

R_i – гидравлический радиус потока для прямоугольного сечения прорана, определяемый по формуле:

$$R_i = \frac{b_i \cdot h_i}{b_i + 2h_i}, \text{ м} \quad (4)$$

Скорость потока у подошвы низового откоса дамбы определяется по формуле:

$$u_i = \frac{Q_i}{b_i \cdot h_i} = k_{gi} \cdot H_i^{1/2} \text{ м/с} \quad (5)$$

где h_i – высота аварийного прорана, м;

k_{gi} – коэффициент прочности прорана, принимаем равным 2,056.

Определим глубину потока в протоке низовой дамбы по формуле:

$$h_i = \frac{2}{3} H_i, \text{ м} \quad (6)$$

Максимальная площадь затопления в результате прорыва дамбы определяется по формуле:

$$S = \frac{h_{i-1}(m_{\text{л}}+m_{\text{п}})_{i-1}+h_i(m_{\text{л}}+m_{\text{п}})_i}{2} \cdot L_{\text{ли}}, \text{ га} \quad (7)$$

где $m_{\text{л}}$ – заложение внутреннего расстояния линии створа, м/м;

$m_{\text{п}}$ – заложение внутреннего расстояния прорыва, м/м;

$L_{\text{ли}}$ – расстояние между створами, м.

h_{i-1} – глубина в предыдущем створе, м.

Полученные результаты расчетов возможных последствий гидродинамической аварии (Сценарий №1) представлены в Таблице 3:

Таблица 3 - Результаты расчетов возможных последствий гидродинамической аварии (Сценарий №1)

Наименование	Ед. изм.	Значение
Максимальное значение полного расхода в проране	м ³ /с	300
Максимальная ширина прорана	м	20
Глубина потока у подошвы низового откоса дамбы	м	2,5
Скорость потока у подошвы низового откоса дамбы	м/с	5,5
Площадь растекания	га	426
Продолжительность вытекания	час	18

Суммарное расчетное время прохождения аварии составляет около 18-28 часов, однако в соответствии с имеющейся практикой основной объем материала вытечет из хвостохранилища в первые 3-8 часов, с потоком по трассе растекания согласно таблице 4:

Таблица 4 - Параметры потока по трассе растекания (сценарий №1)

Расстояние между сечениями, м	Расстояние от дамбы дорасчетного сечения, м	Скорость потока, м/с	Средняя глубина потока, м	Ширина потока, м
1	2	3	4	5
0	0	2,5	2,5	80
200	200	1,7	1,5	518
200	400	1.8	1.4	411
200	600	1.5	1.0	139
100	700	1.2	1.5	125
210	910	1.3	2.2	49

Характер разрушений инженерно-технического комплекса промышленного объекта при воздействии волны прорыва оценивается согласно таблице 5.

Таблица 5 - Характер разрушений инженерно-технического комплекса промышленного объекта при воздействии волны прорыва

Элементы инженерно-технического комплекса	Параметры волны прорыва, вызывающие виды разрушений на объекте							
	легкие		слабые		средние		сильные	
	<i>h, м</i>	<i>U, м/с</i>	<i>h, м</i>	<i>U, м/с</i>	<i>h, м</i>	<i>U, м/с</i>	<i>h, м</i>	<i>U, м/с</i>
Промышленные здания с легким металлическим каркасом	1,5	0,5	2,0	1,0	4,0	2,0	5,0	2,5
Емкости, трубопроводы на опорах	1,0	0,5	1,0	1,0	2,0	2,0	4,0	4,0
Автомобильный и железнодорожный транспорт	-	-	-	-	1,0	1-1,5	1,5	2,0
* Высота потока выше проезжей части сооружения								

Согласно рассчитанным параметрам волны прорыва, гидродинамическая авария по данному сценарию вызовет слабую и среднюю степень разрушения объектов. Поверочный расчет устойчивости показал значительные запасы устойчивости существующей ограждающей дамбы.

2.6 Моделирование и оценка опасности прорыва плотины, последствия прорыва и классификация

Чтобы определить последствия аварии и потенциальные опасности прорыва плотины на хвостохранилище ТОО «KAZ Minerals Bozshakol (КАЗ Минералз Бозшаколь)», была проанализирована предварительная зона влияния, чтобы определить, какое население, активы или окружающая среда будут находиться в зоне затопления.

Для определения зоны влияния для хвостохранилища был использован Южно-Африканский национальный стандарт (South African National Standards (“SANS”) 10286. Pretoria, 2010. SANS 10286 Edition 2. South African National Standard – Management of Mine Residue) [38]. Согласно техническому проекту указывается, что зона влияния простирается вниз по течению от самой низкой точки по периметру на расстояние $100 h$ (где h - высота залежи в рассматриваемой точке). На поток хвостов на хвостохранилище также будут влиять топография и другие физические ограничения для гидравлически размещенных хвостов, особенно там, где эти сооружения находятся рядом с существующими дренажными каналами.

С учетом имеющихся данных в программном комплексе для ArcGIS 10.7. была сгенерирована цифровая модель рельефа. Цифровая модель рельефа является цифровой моделью хвостохранилища ТОО «KAZ Minerals Bozshakol (КАЗ Минералз Бозшаколь)», в которую были включены хвостохранилище и топография нижней части дамбы. Это было использовано для определения зоны влияния на основе указанных критериев. При генерации модели предполагалось, что точки разлома будут расположены вдоль северо-восточной и юго-восточной дамб, нисходящих к востоку от обоих мест разлома (красная область на рисунке 11). На рисунке 12 приведена уточненная модель на основе программного комплекса ArcGIS 10.7 Data Interoperability.

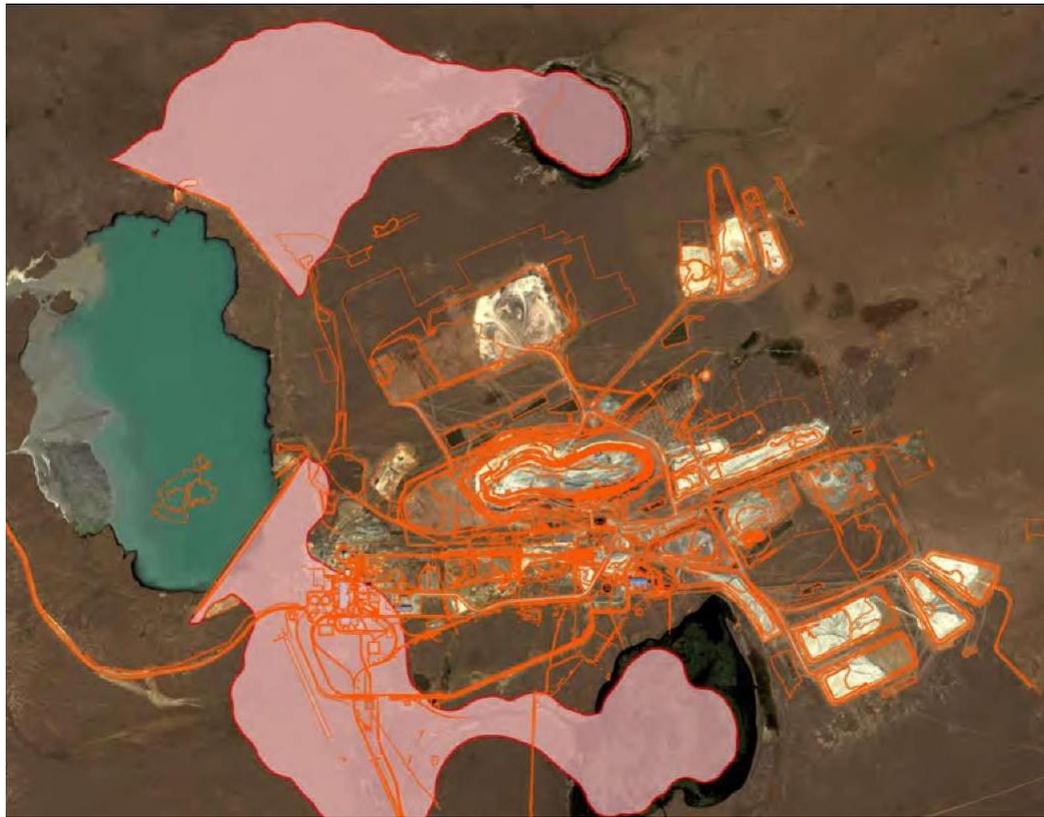


Рисунок 11 - Модель прорыва плотины дамбы и зона влияния прорыва

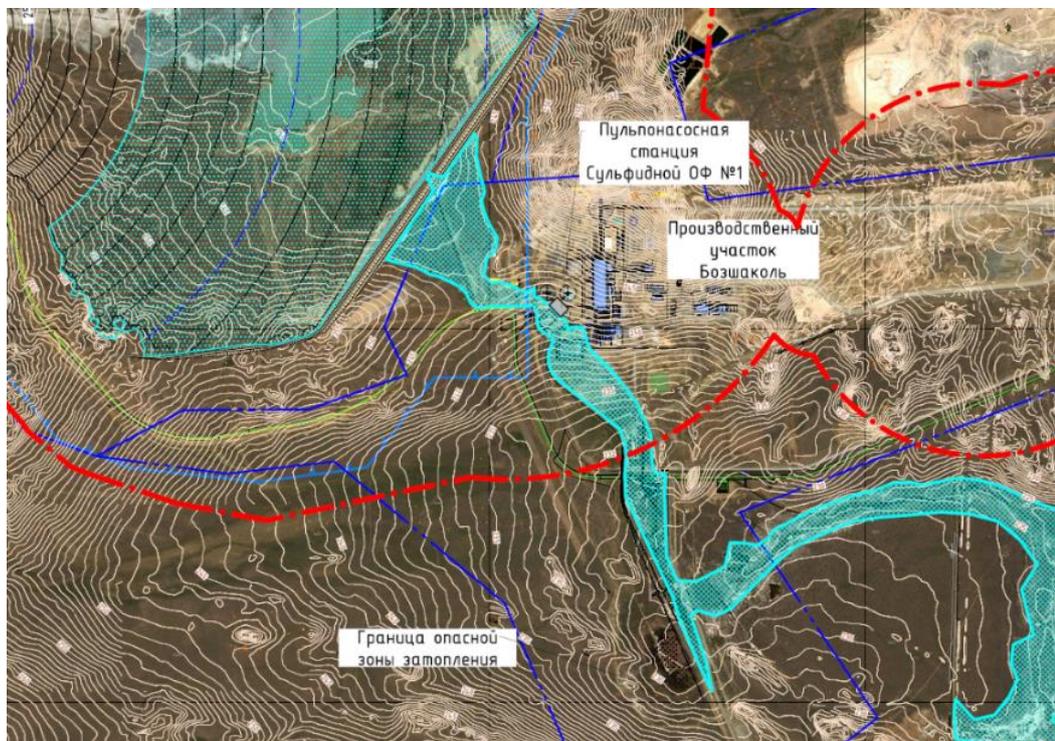


Рисунок 12 – Модель опасной границы затопления при прорыве дамбы хвостохранилища

Зона влияния при аварии на северо-восточной дамбе не влияет на постоянное население или какую-либо существующую инфраструктуру рудника, поток течет на восток в направлении водоема к северу от рудника. Зона влияния при аварии на юго-восточной дамбе влияет на безостановочное функционирование организации, поскольку под влияние попадает обогатительная Фабрика и другая основная инфраструктура Рудника, которая обслуживается 24 часа в сутки и поток течет на восток к водоему, находящемуся к югу от рудника.

Следует отметить, что этот метод дает предварительную и консервативную оценку зоны влияния, которая не учитывает вымывание твердых частиц, скорость потока или глубину потока. Это может быть дополнительно уточнено с помощью полной оценки прорыва плотины.

2.7 Основные результаты моделирования, анализа опасностей и рисков на хвостовом хозяйстве обогатительной фабрики

Вероятность возникновения чрезвычайной ситуации на предприятии определяется наличием веществ и процессов, повышающих опасность объекта, климатическими и природными условиями, уровнем автоматизации технологического процесса, качеством технического обслуживания и квалификацией обслуживающего персонала, возможностью воздействия ЧС, возникающих на соседних предприятиях или на транспортных магистралях.

По отношению к последствиям нарушения функционального назначения гидротехнических сооружений можно выделить два вида аварийных ситуаций [10].

К первому виду относятся аварии, связанные с последствиями, вызванными разрушением ограждающей дамбы отстойного пруда и хвостохранилища.

За счет равнинного рельефа и растекания по рельефу потока образование катастрофической разрушающей волны прорыва не происходит.

Растекание происходит в пределах территории обогатительной фабрики, после этого поток выходит за пределы промышленной площадки, течет вдоль автомобильной и железной автодорог и попадает в озеро Бозшасор, которое будет являться конечным приемником селевого потока, образованного в результате гидродинамической аварии на хвостохранилище. Возможны жертвы среди обслуживающего персонала объекта.

Параметры волны прорыва соответствуют слабой степени разрушения объектов [35] - возможно разрушение дорог с твердым покрытием, ЛЭП, трубопроводов на опорах.

Площадь затопленных и загрязненных территорий - до 426 га. Риск поражения населенных пунктов отсутствует. Предприятий и учреждений, попадающих в зону затопления, нет. Основным последствием аварии является затопление местности, которое несет большой экологический ущерб (загрязнение земель и водоемов отходами обогащения, влияние загрязнения на водные биологические ресурсы) [24].

Ко второму виду отнесены аварийные ситуации, связанные с выходом из эксплуатации отдельных сооружений и систем хвостового хозяйства, которые не наносят ущерба внешним объектам, но приводят к остановке (приостановке) производства (затопление механизмов насосных, выход из строя системы электроснабжения).

Согласно СП РК 3.04-105-2014 «Плотины из грунтовых материалов», СП РК 3.04-101-2013 «Гидротехнические сооружения», СП РК 3.04-103-2014 «Основания гидротехнических сооружений» ограждающая дамба с отметкой гребня +252,0 мБс относится к основным гидротехническим сооружениям III класса, так как максимальная фактическая высота ограждающей дамбы хвостохранилища составляет 10,9 м, а тип грунтов основания относится к типу А, Б, В.

На основании проверочных расчетов, выполненных в проекте эксплуатации хвостохранилища, расчетные коэффициенты устойчивости превышают нормативные значения для сооружений III класса, следовательно,

устойчивость ограждающей дамбы при складировании хвостов до отметки 250,00 мБС обеспечивается. Условием для обеспечения устойчивости является, соблюдение критериев безопасной эксплуатации, разработанных в проекте эксплуатации хвостохранилища.

Безопасность эксплуатации гидротехнических сооружений хвостового хозяйства и снижение риска аварийных ситуаций гарантированы при качественном выполнении строительных работ и при своевременном выполнении наблюдений и контрольных работ по определению технического состояния сооружений.

Обязательными мерами по уменьшению риска аварий на хвостохранилище:

- противоаварийные тренировки работников хвостового участка и Бозшакольской аварийно-спасательной службы;
- планово-предупредительные и капитальные ремонты насосного оборудования;
- организация системы наблюдений за состоянием сооружений хвостового хозяйства;
- производство горных, буровзрывных и добычных работ в строгом соответствии с требованиями правил безопасности на открытых горных работах, правил безопасности при геологоразведочных работах, проектной и разрешительной документации.

Мониторинг безопасной эксплуатации систем и сооружений хвостового хозяйства осуществляется работниками хвостового хозяйства обогатительной фабрики с привлечением необходимых подразделений и служб ТОО «KAZ Minerals Vozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) и подрядных организаций.

Для минимизации воздействия сооружений хвостохранилища на окружающую среду и предупреждения загрязнения прилегающей территории необходимо предусмотреть:

- опорожнение магистральных пульповодов в аварийные бассейны;

- очистка аварийных бассейнов от отстоявшейся воды и осевших хвостов;
- возврат в хвостохранилище фильтрационных и паводковых вод посредством мобильной насосной станции;
- системный мониторинг хвостов намывного пляжа и наблюдение за положением кривой депрессии с последующим анализом, разработкой рекомендаций и технических решений по снижению фильтрации и повышению устойчивости ограждающей дамбы хвостохранилища;
- контроль и регулирование баланса воды в хвостохранилище;
- организация наблюдений за воздействием гидротехнических сооружений на окружающую среду в соответствии с требованиями проекта эксплуатации.

Для уменьшения риска аварий на промышленном объекте разрабатываются мероприятия по обеспечению безопасности работ и обслуживающего персонала декларируемого объекта, которые позволяют:

- обеспечивать функционирование необходимых приборов, систем защиты и контроля над производственными процессами опасных производств;
- организовывать и осуществлять производственный контроль над соблюдением требований промышленной безопасности;
- решения по исключению разгерметизации оборудования;
- ежесменный контроль ИТР и обслуживающим персоналом за состоянием технологического оборудования и сооружений;
- решения, направленные на предупреждение развития промышленных аварий;
- разработка и утверждение «Плана ликвидации аварий», в котором разработаны мероприятия по выводу и спасению людей, застигнутых

аварией, действия и поведение ИТР и рабочих в начальной стадии возникновения аварии;

- соблюдение правил эксплуатации, графика ремонта и замены оборудования, своевременный осмотр сооружений обеспечивают исключение возникновения аварийных ситуаций;
- осуществление эксплуатации технических устройств, оборудования, материалов и изделий на опасных производственных объектах, прошедших сертификацию и допускать к промышленному применению, в порядке, установленном законодательством РК;
- создание системы оперативного оповещения работников предприятия, а при необходимости, с учетом масштаба и характера нарушений и местного населения, о возникновении аварийной ситуации на объекте;
- допуск к работе на опасных производственных объектах должностных лиц и работников, соответствующих установленным квалификационным требованиям;
- организация системы охраны гидротехнических сооружений;
- предотвращение проникновения на опасные объекты посторонних лиц.

Таким образом, основными направлениями планируемых технических мероприятий, способствующими повышению качества и уровня промышленной безопасности, являются комплексные мероприятия по безопасности труда устойчивости работы хвостохранилища в период паводков, при сильных буранах и морозах.

Вывод по второму разделу: во втором разделе раскрыт и обоснован обобщенный анализ особенности эксплуатации и содержания хвостохранилищ в аспекте обеспечения их промышленной безопасности и надежности, приведены факторы, которые характеризуют отличия грунтовых гидросооружений с точки зрения надежности и промышленной безопасности.

На основе обширного исследования ретроспективных и перспективных сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилищ за последние пол века, выполнены модели четырех наиболее перспективных моделей ГДА, которые необходимо принять во внимание, на стадиях проектирования, строительства и управления хвостохранилищами ТОО «KAZ Minerals Vozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь). Моделирование позволило определить наиболее уязвимые элементы технологической системы хвостохранилища, которые требуют регулярного мониторинга в осенне-зимний период, а также инженерного усовершенствования при последующей реконструкции объекта.

На основании математических методов оценки и прогнозирования рисков можно сделать вывод, что действия, предпринятые персоналом обогатительной фабрики, имеют решающее значение в первые минуты аварии на хвостохранилище, так как процесс разрушения тела дамбы начинается очень быстро, высвобождается большой объем материалов хранения, который на высоких скоростях перемещается на большие расстояния и разрушает все технологические строения на своем пути.

3 Управление рисками на хвостовом хозяйстве при реконструкции гидротехнических сооружений на основе WRAC-анализа и оценки рисков по методике «Галстук- бабочка»

3.1 Методология базовой оценки риска и анализа приоритетных рисков

Для комплексного исследования производственных рисков на хвостовом хозяйстве при реконструкции и эксплуатации гидротехнических сооружений, воспользуемся методом оценки и контроля рисков на рабочем месте (WRAC-анализ). Структурируемая методика WRAC-анализ (Work Place Risk Assessment and Control) [34], как первый этап, обеспечивает идентификацию и анализ опасностей на рабочем месте и выполняет проверку эффективности мер контроля опасностей. Для определения категории опасных факторов и связанных с ними рисков, установленных и проанализированных по реестру оценки рисков KAZ Minerals, используем матричную систему рисков.

На основании полученных результатов, выполнено построение схем анализа рисков «Галстук-Бабочка» (Этап 2) приоритетных нежелательных событий, требующие корректирующих мер, также определена количественная эффективность применяемых мер контроля.

Управление рисками в организации представляет собой непрерывный процесс идентификации, оценки и приоретизации рисков, а также принятия мер, направленных на предотвращение их возникновения или на снижение воздействия на стратегические и производственные цели организации.

Оценка и управление профессиональными рисками является составной частью системы управления охраной труда организации, направленной на формирование и поддержание профилактических мероприятий по

оптимизации опасностей и рисков, в том числе по предупреждению аварий, травматизма и профессиональных заболеваний.

Методика WRAC-анализа используется для решения следующих задач:

- определить все опасности, имеющие отношение к безопасности, охране здоровья и окружающей среды, которые характерны каждому процессу из перечня;
- выполнить оценку рисков на основе полученного реестра опасностей;
- определить наиболее приоритетные нежелательные события. Описание нежелательного события включает описание характера события, а также описание действий;
- выделить потенциальные значительные риски с применением рейтинга рисков (матрицы рисков);
- разработать реестр рисков и критических средств контроля предприятия для документирования результатов оценки рисков;
- предоставить полную информацию в отношении опасностей и рисков для включения во вводные инструктажи и прочие внутренние курсы обучения персонала.

3.2 Базовая оценка рисков на рабочем месте по методике WRAC-анализ

Базовая оценка значительных рисков формирует первый уровень процесса управления рисками в безопасности на участке хвостового хозяйства и водоснабжения организации. Базовая оценка риска применима на всех стадиях жизненного цикла организации от первоначальной концепции и стадий пред-проектных технико-экономических обоснований до ежедневной эксплуатации, и закрытия производства.

Базовая оценка исходных рисков выполняется согласно поуровневой методике, приведенной на рисунке 13.



Рисунок 13 – Поуровневая методика базовой оценки рисков на основе WRAC-анализа

Задача этого уровня заключается в проведении анализа участка хвостового хозяйства организации на период реконструкции гидротехнических сооружений, выявлении и оценке потенциальных нежелательных событий, а также в обеспечении наличия важных мер контроля, требований к документации и использовании полученных выводов для снижения соответствующих рисков до практически низкого уровня.

Еще одной задачей является воздание и поддержание в актуальном состоянии реестра потенциальных нежелательных событий, критических средств контроля и соответствующего распределения ответственности.

В данной работе базовая оценка рисков носит целевой характер с первоочередным определением всех различных хозяйственных процессов посредством технологической карты, составленной путем систематической

разбивки операций в зависимости от процесса, активности и/или физического местоположения.

Для выполнения оценки рисков, было сформирована экспертная группа по оценке рисков, состоящая из представителей структурных подразделений обогатительной фабрики, в том числе координаторов по управлению рисками KAZ Minerals. Экспертная группа состояла из 12 инженерно-технических работников, знающих и понимающих суть хозяйственных процессов и под-процессов управления хвостовым хозяйством и хвостохранилища, также в состав группы вошли ведущие специалисты подрядной организации, осуществляющей реконструкцию дамбы хвостохранилища.

Метод анализа и контроля рисков на рабочем месте (WRAC-анализ) использовался для определения нежелательных событий, которые могут произойти при выполнении строительных работ на хвостохранилище, в рассмотренных производственных процессах и/или под-процессов, вместе с соответствующими определенными мерами контроля, вероятности таких событий и их последствий для людей, окружающей среды и общества.

Цель первого уровня процесса управления эксплуатационными рисками является определение опасных факторов, потенциальных нежелательных событий для хвостового хозяйства, и установление их приоритетности.

Организации необходимо оценить текущие риски путем определения основных рисков, устанавливая их приоритетность и определяя план будущего контроля рисков. Базовая оценка рисков или первичный обзор состояния должен быть комплексным, и может подвести к проведению дальнейшей более тщательной и сконцентрированной оценки риска. Базовая оценка рисков должна пересматриваться раз в год или раз в два года (в зависимости от уровня риска) на предмет соответствия.

Следует полагать, что базовая оценка рисков не только обеспечит KAZ Minerals Бозшаколь на период реконструкции объекта перечнем большинства актуальных и потенциальных опасных факторов, но также должна в результате привести к разработке стратегии на основе официальной оценки

рисков для улучшения ситуации, касающейся обязательств Компании. Данная стратегия обеспечит долгосрочное соответствие соответствующей операционной деятельности компании в направлении капитальных реконструкций.

Выполненная базовая оценка рисков - это начальный этап разумно обоснованного и практически достижимого процесса управления рисками, связанными с горнорудной деятельностью. Такая практика на предприятия должна иметь постоянную основу. Также следует отметить, что необходимо принимать и выполнять и другие формы оценки рисков на более постоянной основе. Все формы предполагают 4 уровня оценки рисков: базовый уровень (основные опасности) по всей компании, управление проблемами, проектами и изменениями, типовые и нестандартные задачи и, наконец, непрерывная оценка рисков.

При помощи базовой оценки рисков устанавливается приоритет, и определяются области требующие дополнительной, детальной оценки рисков (например, оценка рисков в отношении определенной проблемы), чтобы таким образом снизить объем необходимой оценки рисков в отношении определенной задачи или проблемы.

При выполнении данной работы выявлены возможные опасные факторы, связанные с текущими процессами, которые присутствуют при технологических операциях и под-процессах общее количество которых составило 258 шт. В таблице 6 представлены наиболее значимых опасные факторы.

Таблица 6 – Перечень опасных факторов хвостового хозяйства

Классификация источников опасных факторов / риска	Описание источников опасных факторов / риска	Механизм реализации опасного фактора	Нежелательное событие
1	2	3	4
Замкнутое пространство	Колодцы	Работа системы	Вход в замкнутое пространство (кислородное голодание)
Гравитация (Объекты)	Работа мостового крана	Подъем объектов	Группа риска в отношении подвешенных грузов
Психологический	Физические лица	Факторы, инициирующие определенное поведение	Лица, работающие длительное время (вдали от семьи)
Гравитация (Объекты)	Стенки дамбы (хвостохранилища, пруды)	Водохранилище	Нарушение стенок дамбы (хвостохранилища, пруды)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Кинетическая энергия	Неправильное применение мобильный техники
Гравитация (Люди)	Работа / движение работников	Механика тела	Открытые участки решеток (не заменены / отсутствие ремонта и контроля)
Освещение	Эксплуатация фабрики	Освещение	Отсутствие освещения / недостаточное освещение некоторых рабочих участков (плохо освещенные участки)
Гравитация (Люди)	Работа / движение работников	Механика тела	Падение в водоем при его проверке/инспекции или техобслуживании
Внешние угрозы	Исполнители	Заключение договора	Подрядные организации несоответствующие требованиям компании допущены к выполнению работ
Гравитация (Объекты)	Стенки дамбы (хвостохранилища, пруды)	Водохранилище	Превышение запаса хвостохранилища (избыточная вода)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Факторы, инициирующие определенное поведение	Управление мобильной техникой лицами без допуска

Для выявления и ранжирования потенциальных нежелательных событий использовался метод оценки и контроля рисков на рабочем месте (WRAC-анализ). Качественная матрица рисков 5 x 5 использовалась для определения уровня вероятности, последствий и рейтинга рисков для всех выявленных нежелательных событий (таблица 7).

Таблица 7 - Матрица уровней рисков

		Уровень вероятности				
		1	2	3	4	5
Уровень воздействия	5	Высокий (20)	Высокий (21)	Экстремальный (23)	Экстремальный (24)	Экстремальный (25)
	4	Умеренный (14)	Умеренный (15)	Высокий (18)	Высокий (19)	Экстремальный (22)
	3	Низкий (8)	Низкий (9)	Умеренный (13)	Высокий (16)	Высокий (17)
	2	Минимальный (3)	Низкий (6)	Низкий (7)	Умеренный (11)	Умеренный (12)
	1	Минимальный (1)	Минимальный (2)	Низкий (4)	Низкий (5)	Умеренный (10)

Уровень воздействия риска определяется по пяти категориям серьезности последствий.. Уровень последствий этих потенциальных нежелательных событий выводился с учетом максимального обоснованного уровня последствий по каждому из семи типов воздействия, а именно:

- (S) – физический вред – безопасность и охрана труда,
- (H) - вред здоровью – охрана здоровья,
- (E) - Воздействие на окружающую среду,
- (C) - социальное воздействие на общество,
- (L&R) - Нормативно-правовые нарушения,
- (M) - Убытки/Ущерб/Прекращение деятельности,
- (R) - Влияние на репутацию Компании,

В таблице 8 представлено ранжирование уровня воздействия рисков по первым двум критериям (S) и (H).

В случаях, когда есть сомнение, какое последствие наиболее возможное, следует учитывать оба последствия, выбрать необходимо самое высокое по уровню воздействия риска.

Таблица 8 - Уровень воздействия (последствий) риска

Тип влияния	Воздействия / Последствия				
	1 Минимальный	2 Незначительный	3 Умеренный	4 Значительный - Существенный	5 Критический – Катастрофический
Здоровье	Нанесение весьма незначительного обратимого вреда здоровью	Нанесение незначительного обратимого вреда здоровью	Нанесение обратимого вреда здоровью	Необратимый вред здоровью или потеря трудоспособности/ инвалидность (частично) в связи с профессиональным хроническим заболеванием	Нанесение необратимого вреда здоровью или потеря трудоспособности (инвалидность) у группы людей вследствие профессиональных хронических заболеваний.
Безопасность	Лечение в рамках оказания первой медицинской помощи	Медицинское лечение без потери трудоспособности Легкие травмы	Медицинское лечение с госпитализацией Временная потеря трудоспособности Тяжелые травмы	Единичные несчастные случаи с летальным исходом или происшествия с необратимой потерей трудоспособности (увечья, инвалидности) в связи с серьезными травмами.	Групповые несчастные случаи с летальным исходом и / или происшествия с необратимой потерей трудоспособности (увечья, инвалидности) в связи с серьезными травмами.

Вероятность возникновения риска определена из расчета насколько возможно произойдет последствие от редкой вероятности до полной уверенности (Таблица 9).

Таблица 9 - Уровень вероятности возникновения риска

Метод анализа рисков	Уровень вероятности				
	1 Редко	2 Маловероятно	3 Возможно	4 Вероятно	5 Почти уверено
Описание вероятности для событий без статистических данных (качественная)	Событие едва ли может произойти, весьма маловероятно. Возможно предположить наступление, но при исключительных обстоятельствах.	Известны случаи наступления подобных событий, но событие не ожидается и едва ли возможно произойдет (вряд ли, обычно не ожидается).	Возникновение события не ожидается, но есть возможность. Наступление события в равной степени как возможно так и нет.	Большая вероятность того, что событие может наступить. Обычное явление, не является неожиданностью.	Высокая вероятность возникновения в большинстве случаев. Без сомнений. Повторяющиеся события.
Вероятности в течение периода времени	Возникновение не ожидается в течение 10 лет	Может возникнуть в течение периода от 5 до 10 лет	Может возникнуть в течение в рамках стратегического плана (5-летний период). Возникает в меньшинстве случаев в аналогичных проектах.	Может возникнуть в течение бюджетного периода (1 год). Обычно возникает в аналогичных проектах.	Возникновение ожидается чаще одного раза в год или в течение реализации аналогичного проекта.

В приложении Б представлены результаты базовой оценки рисков, имеющие значительный уровень риска.

В результате анализа и расчётов было выявлено пять основных потенциальных нежелательных событий. Кроме того, в методологию WRAC-анализа были включены дополнительные усовершенствования действующих механизмов контроля или потенциально более эффективные механизмы контроля, которые могли бы ещё больше снизить риск нежелательного события до минимально возможного уровня. Решение о выявлении улучшений или дополнительных мер контроля принималось на основе рейтинга риска и текущих технологических условий на предприятии.

Настоящий документ даст доступ к информации 2 уровня (анализ Bowtie) для обновления Реестра контроля рисков.

3.3 Построение моделей «Галстук-Бабочка» по приоритетным нежелательным событиям

Следующий этап, идущий за процессом базовой оценки рисков (WRAC-анализ), осуществляется в форме анализа «галстук-бабочка», который позволит определить текущие меры контроля и обеспечить их эффективность, и определить текущие критические меры контроля.

Настоящая стратегия контроля рисков позволит организовать режим управления для активного управления и мониторинга данных критических мер контроля.

Анализ «Галстук-Бабочка» - методология анализа риска для оценивая средств контроля вероятности и последствий наступления нежелательного события. Анализ рисков «Галстук-Бабочка» используется в данной работе для оценки рисков, управления рисками и информирования о рисках.

Метод анализа рисков «Галстук-Бабочка» состоит из следующих структурных элементов:

- опасность на рабочем месте;
- пиковое событие (момент во времени, когда контроль над опасностью утрачен);
- причины и риски (причин должно быть достаточно или они должны быть обязательными, каждая причина по отдельности должна быть способна вызывать пиковое событие);
- последствия (в анализе «Галстук – Бабочка» последствия - это нежелательные события, которые организация пытается избежать);
- барьеры (методы контроля).

Выполняемый анализ рисков по методике «Галстук-Бабочка» необходим для тщательного изучения первоочередных нежелательных

событий, которые были выявлены в процессе осуществления Базовой оценки рисков на рабочих местах (WRAC-анализ). Главной целью данного этапа является оценка соответствия мер контроля, применявшихся в отношении потенциальных причин и возможных последствий происшествия для людей, процессов, объектов или окружающей среды.

На основе графической схемы выполнен выбор приоритетных нежелательных событий, разработаны ключевые мероприятия по охране труда для снижения вероятности возникновения приоритетных нежелательных событий.

Анализ галстук- бабочка используется для оценки рисков, управления рисками и информирования о рисках. Данный метод анализа предназначен для лучшего обзора рабочего процесса, в котором присутствуют технологические риски, чтобы помочь работникам и специалистам понять взаимосвязь между рисками и организационными событиями.

Риск в анализе галстук - бабочка определяется взаимосвязью между опасностями, основными событиями, причинами и последствиями. Барьеры используются для отображения того, какие меры приняты для контроля риска.

В левой стороне результатов Анализа «Галстук-Бабочка» отражены причины, которые могут привести к конкретному нежелательному происшествию, и меры контроля, применяемые для предотвращения или ограничения каждой из конкретных причин.

В правой стороне Анализа «Галстук-Бабочка» отражены последствия, которые могут возникнуть в результате конкретного нежелательного происшествия, и соответствующие меры устранения или смягчения, направленные на предотвращение или минимизацию последствий.

По результатам полученных данных, отображены нижеследующие первоочередных нежелательных происшествий при реконструкции гидротехнических сооружений хвостохранилища из числа наиболее приоритетных и наиболее часто регистрируемых нежелательных происшествий из общемировой практики строительства подобных объектов:

- подбор специализированной подрядной организации для выполнения работ;
- потеря контроля над работой тяжелой горной техникой;
- потеря контроля над грузом (мобильное подъемное оборудование);
- изменения атмосферной среды в замкнутых пространствах (колодцы, траншеи глубиной более 3 метров);
- сменная работа (управление усталостью).

Также, в процессе анализа «Галстук-Бабочка» были определены текущие меры контроля причин и последствий для каждого из вышеуказанных факторов, которые были оценены на предмет эффективности, в результате чего была выявлена потребность в дополнительных мерах контроля, возможный перечень которых был также определен.

На рисунке 14 представлена диаграмма «Галстук-Бабочка» для приоритетного нежелательного события - потеря контроля крупногабаритной техникой». Детальное описание нежелательных событий представлены в Приложении В.

На основе оценки степени риска определена приемлемость риска, при этом считается, что минимальный, низкий и умеренный риски – приемлемы, а высокий и экстремальный риски – неприемлемы.

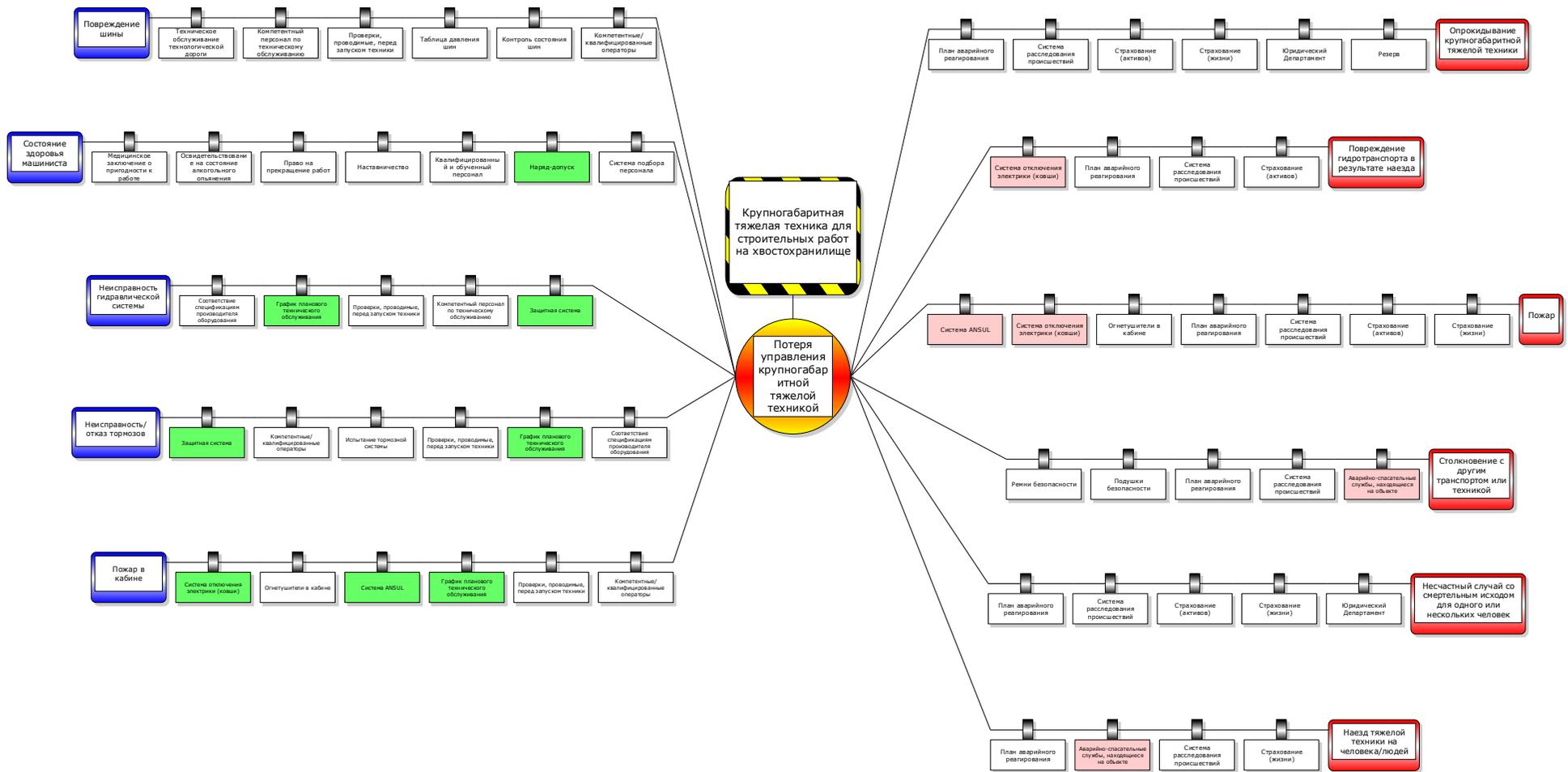


Рисунок 14 - Диаграмма «Галстук-Бабочка» для приоритетного нежелательного события (потеря контроля над крупногабаритной техникой)

При выборе средств управления рисками или рассмотрении вопроса об изменении существующих средств управления необходимо учитывать возможность снижения рисков в соответствии с иерархией, представленной на Рисунке 15:



Рисунок 15 – Иерархия контроля опасности

Устранение является наиболее эффективным средством контроля для снижения опасности, а также, наиболее трудно реализуемым. Примером устранения опасности, является удаление источника высоких температур или шума в зоне работ. Устранение опасности также устранил любые риски, связанные с этой опасностью.

Замена источника опасности на менее опасный, например, замена токсичного вещества на менее токсичное. Этот контроль в основном снижает возможные последствия, но не вероятность.

Инженерные средства контроля включают в себя некоторые структурные изменения или перепроектирование (включая изоляцию) технологического процесса или рабочей среды, чтобы физически предотвратить или уменьшить риск возникновения опасности. К примеру инженерных средств контроля, можно отнести ограждение движущихся

частей механизма и организацию местной вентиляции при работе в замкнутом пространстве. Инженерные средства контроля уменьшают вероятность опасных событий.

Предупреждения, как один из методов инженерных мер контроля, бывают как правило звуковыми или визуальными. Эффективность предупреждений значительно зависит от их читаемости и наглядности, от осведомленности работников, а также от соблюдения работниками правил реагирования на предупреждения. Предупреждения теряют эффективность, если в течение времени, работники начинают их игнорировать.

Административные меры контроля – это меры направленные на снижения воздействия опасности через управление поведением работника. Данные меры включают в себя разработку инструкций, стандартов и методик по безопасности и охране труда, организацию обучения и проведения инструктажей, а также надзор и контроль за надлежащим исполнением правил по безопасности охране труда. Для обеспечения эффективности административных мер контроля в долгосрочной перспективе они должны разрабатываться на основе реестра рисков, анализа рисков и соответствующего уровня культуры безопасности.

Эффективность административных мер контроля зависит от поведения человека, а любая система, которая опирается на поведение – ненадежна.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) - предотвращают воздействие опасности на работника. Использование СИЗ обычно снижает последствие опасности. Эффективность СИЗ зависит от правильной подобранности СИЗ по типу и эксплуатационным характеристикам, а также от правильного использования работником, в том числе надлежащего хранения СИЗ и бережного отношения.

С помощью данных мер управления определяются приоритетные мероприятия для снижения тяжести возможных последствий и уровня вероятности, а также определяется остаточный риск.

Предупредительные и контролирующие меры целесообразно осуществлять в следующем порядке приоритетности:

- устраняют опасности и (или) риски;
- ограничивают опасности и (или) риски в их источнике путем использования технических средств коллективной защиты или организационных мер;
- минимизируют опасности и (или) риски путем применения безопасных производственных систем, а также меры административного ограничения суммарного времени контакта с вредными и опасными производственными факторами;
- в случае невозможности ограничения опасностей и (или) рисков средствами коллективной защиты или организационными мерами необходимо принимать меры по обеспечению их применения и обязательному техническому обслуживанию.

Выявлено, что для оценки эффективности в иерархии мер контроля больше всего на хвостохранилище применяются административные меры (перечень приведен в таблице 10):

Таблица 10 – Применяемая иерархии мер контроля на участке хвостового хозяйства (хвостохранилище)

Иерархия мер контроля	Количественная эффективность	Зарегистрированное количество применения
Устранение	>90%	0
Замена (минимизация)	60% - 90%	2
Технические меры	60% - 90%	5
Административные меры	30% - 60%	32
Защита посредством средств индивидуальной защиты (СИЗ)	<30%	4

Большинство рассматриваемых административных мер контроля зависят от человеческого фактора, и вероятность их выполнения составляют 50%, и при их выполнении средняя эффективность ограничена в пределах от 30% до 60%. Однако, в целом, выявлено, что нормой является больше соответствие, чем несоответствия, и это очень положительный момент.

Критичными мерами контроля для каждого первоочередного нежелательного происшествия являются меры, которые в значительной степени воздействуют на возможность и (или) последствия происшествия (исключение которых весомо скажется на показателях риска).

В ходе исследования определены критические меры контроля по видам нежелательных событий, данные представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Количество критичных мер контроля

Первоочередное нежелательное происшествие	Критические меры контроля
Потеря контроля над крупногабаритной тяжелой техникой	13
Проведение работ в замкнутых пространствах (траншеи, колодцы глубиной более трех метров)	14
Повреждение магистрального трубопровода	16
Организация работы подрядной организации	8
Удлиненный рабочий день	5

Отсутствие или отказ критического контроля значительно увеличивает риск, несмотря на наличие других мер контроля. К важнейшим критическим мерам контроля следует отнести систему выдачи наряд-допусков и сертификатов на выполнение работы повышенной опасности, методику индивидуальной оценки рисков «СЛАМ» (SLAM), а также организацию аварийно-спасательных мероприятий Бозшакольской аварийно-спасательной службы.

3.4 Риск-ориентированный подход в управлении хвостовым хозяйством и хвостохранилищем

Обеспечение промышленной и производственной безопасности при эксплуатации и реконструкции гидротехнических сооружений хвостового хозяйства обогатительной фабрики, представляет для ТОО «KAZ Minerals Vozshakol» стратегическое значение для обеспечения непрерывного производства.

Исходя из комплексной оценки рисков и пред-страховой экспертизы от независимых консультантов компании Менсор (Mensor), можно выделить основные риски, которые могут привести к максимально-возможным убыткам на Фабрике по обогащению сульфидных руд:

- пожар в корпусе участка по сгущению хвостов;
- частичное разрушение дамбы хвостохранилища;
- столкновение транспортного средства с гидротранспортными сооружениями.

Реализация данных рисков, может привести к обрушению сооружений хвостохранилища и к выбросу воды и затоплению производственных участков. Реконструкций сооружений станет дорогостоящим и затяжным мероприятием, приведет к приостановке работы фабрики по обогащению сульфидной руды на длительный период. Оценивая высокий уровень последствий возможных рисков, организации стремится выработать инженерно-технические и административные меры контроля, которые позволят снизить вероятность риска до минимально возможного уровня с ежегодным контролем их исполнения. В качестве одной из предупреждающей меры контроля необходимо отметить проведение аудита безопасности хвостохранилища австралийской компанией Фиттон Тэйлингс Консалтенс (Fitton Tailings Consultants) и независимой экспертизы хвостохранилища перуанской компанией Кнайт Пейсолд Консалтенс (Knight Piesold Consultants) в октябре 2018 года. Полученные отчеты позволили с большей

определенностью спрогнозировать возможные риски на хвостохранилище и реализовать необходимые инженерно-технические проекты.

Принципы ведущих практик управления хвостохранилищами [37] опираются на риск-ориентированный подход к планированию, проектированию, строительству, эксплуатации хвостохранилищ. При таком подходе планы должны быть адаптированы для эффективного управления хвостохранилищем на протяжении всего его жизненного цикла эксплуатации с достаточной детализацией для управления потенциальными техногенными рисками в приемлемых пределах. Хвостохранилище как объект повышенной опасности требуют точных инженерных расчетов (учитывающих наполнение хвостохранилище, возведение дамб и водоотвод) на этапе проектирования, контроля качества во время строительства и более пристального внимания к управлению техногенными рисками, системам планирования чрезвычайных действий и документации на этапах эксплуатации.

Риск-ориентированный подход к проектированию обеспечивает основу для управления неопределенностью и изменениями, связанными с эксплуатацией хвостохранилища [39]. Высшее руководство организации и государственные органы, ожидают, что экспертные организации, выполняющие проект, определяют все риски, связанные с хранением хвостов на конкретном участке, и продемонстрируют, что выбранный метод хранения хвостов позволит управлять ими в пределах приемлемого уровня и на разумно низком уровне рисков.

Управление хвостохранилищем, основанное на рисках, требует постоянного наблюдения за производительностью обогатительной фабрики и мониторинга за состоянием хвостового хозяйства, а также быстрого реагирования на любые опережающие показатели отказов или потенциальных воздействий, обеспечивая тем самым эффективное управление всеми рисками даже в изменяющихся обстоятельствах [38].

Основанная на рисках система управления хвостохранилищем должна обеспечивать эффективное управление изменяющимися обстоятельствами.

Эти изменения могут быть связаны с ожидаемым повышением уровня накопления хвостов в хвостохранилище, непредвиденным расширением или вводом в эксплуатацию новых технологических объектов, новых методов утилизации или типов руды. Управление такими изменениями должно быть ключевым фактором при планировании, проектировании, строительстве хвостохранилища. Независимая геотехническая экспертная оценка, для исследуемого в настоящей работе хвостохранилища является важнейшим компонентом эффективного управления рисками.

Изменяющиеся обстоятельства, которые могут привести к усилению воздействия на технологическую среду и риску отказа системы управления гидротехническими сооружениями, а также возможные ответные меры заключаются в следующем:

- увеличение пропускной способности обогатительной фабрики или срока службы Рудника «Бозшаколь» требующее повышения или расширения хвостохранилища. Увеличение темпов образования хвостов потребует расширения и строительство новых участков под хвостохранилище, чтобы своевременно обеспечить достаточную мощность хвостохранилища для предотвращения возникновения нежелательных событий связанных с обращением опорных дамб;
- изменения в технологическом процессе – потенциальное изменение скорости оседания и образования хвостов, их концентрации в твердых веществах и их физико-химической природы;
- истощение водных ресурсов – возможно, потребуется увеличить обезвоживание хвостов перед утилизацией, чтобы восстановить больше воды для оборотного водоснабжения, прежде чем она будет потеряна в результате испарения или просачивания через грунт;
- аномально дождливые или засушливые сезоны, требующие значительных изменений в системе управления водными ресурсами. Более засушливые, чем обычно, сезоны могут потребовать дополнительных поставок технологической воды. В более

дождливый сезон, может потребоваться усиление стен дамбы или ее возвышение, для создания дополнительных мощностей по хранению воды;

- изменение нормативных требований в области промышленной безопасности и гидротехнического строительства могут изменяться с течением времени;
- преждевременное или внезапное закрытие Рудника Бозшаколь и соответственно хвостохранилища, в результате чего образуется мелкодисперсная залежь хвостов на большой площади хвостохранилища, которая потребует дорогостоящего содержания. Возможность и последствия преждевременного закрытия Рудника должны рассматриваться на протяжении всего оперативного плана эксплуатации месторождения Бозшаколь.

Управлением хвостохранилищем требует тщательной оценки рисков, которыми необходимо управлять в процессе планирования и проектирования, а затем на последующих этапах строительства и эксплуатации объекта. Потенциальная категория последствий разрушения дамбы хвостохранилища месторождения Бозшаколь варьируется от "очень низкого" до "низкого" согласно нормативным требованиям ANCOLD 2012 (a, b), в зависимости от типа гидротехнического сооружения подверженного риску разрушения, и потенциального уровня серьезности технологического ущерба для производственных участков. Присвоенная категория последствий разрушения дамбы должна использоваться для определения критериев проектирования; требований к управлению строительством и надзору за ним; а также требования к управлению техногенными рисками, инспекциям и отчетности, и периодичность их проведения.

Важно интегрировать работы по расширению хвостохранилища в стратегическое планирование изменений гидротехнических объектов, чтобы обеспечить достижение долгосрочных целей организации, в том числе целей

в области охраны здоровья и безопасности населения, общественных и экологических целей в течение всего срока эксплуатации объекта.

В период поэтапного расширения хвостохранилища для удовлетворения производственных потребностей и распределения капитальных затрат, необходимо подготовить подробный график. График должно включать в себя:

- сроки проведения этапов реконструкции и строительства;
- последовательность и сроки проведения проектных работ, исследований и согласований;
- расчетные капитальные и эксплуатационные затраты на каждом этапе;
- проекты обеспечивающие нормы промышленной безопасности и диаграммы прогресса строительства на каждом этапе.

Такой подход к планированию обеспечит достаточный капитальный бюджет для проведения работ, своевременное проведение исследований, а также наличие достаточного времени для строительства для завершения и ввода в эксплуатацию каждого нового гидротехнического сооружения.

Риск-ориентированный подход, применяемый к комплексному планированию и проектированию, должен обеспечивать включение в стратегический план расширения хвостохранилища необходимый объем возможных рисков, сопутствующих процессу эксплуатации и реконструкции хвостохранилища. Риск-ориентированный подход включает в себя должное рассмотрение и учет меняющихся климатических условий, меняющихся требований к объему хранения хвостов, изменений в характере руды и, следовательно, характере хвостов, меняющихся потребностей в объеме оборотного водоснабжения, меняющихся нормативных требований, а также потенциальной возможности преждевременного закрытия Рудника Бозшаколь.

Согласно нормативным требованиям ANCOLD (2012a) [36], целостность хвостохранилища так же важна, как и целостность любой водной плотины. Принимая во внимание конструкцию рассматриваемого

хвостохранилища, и возможный уровень подъема воды, следует обратить внимание, что надежность дамб в значительной степени зависит от того, насколько соблюдены нормы строительства. Таким образом, управление строительством хвостохранилища, технический надзор и контроль качества имеют важное значение для первоначальной стартовой насыпи и для последующих подъемов стен дамбы и должны осуществляться компетентными специалистами и подрядными организациями.

К ключевым рискам, связанным со строительством хвостохранилища, относятся [39]:

- строительство, не соответствующее проекту;
- несоответствующие или недостаточные строительные материалы;
- несоблюдение технологии строительства, включая отсутствие или недостаточное уплотнение грунта в основании дамбы;
- неспособность строителей обнаружить и исправить плохое или неадекватное качество строительства;
- периодическая замена одних подрядчиков другими;
- подъемы дамбы не соответствующий инженерной конструкции или не совместимый с существующей насыпью хвостохранилища;
- последующая неудовлетворительная эксплуатация хвостохранилища, проявляющаяся в осадении хвостов и управлении отстойными прудами, не совместимая с условиями проекта. Данный фактор может усугубить сложность реконструкции гидротехнических сооружений и способствовать снижению качества строительства, делая условия строительства настолько сложными, что строителям-подрядчикам будет невозможно достичь заявленных технических характеристик проекта.

Для того чтобы свести к минимуму вышеупомянутые риски, крайне важно, чтобы подрядчик был тщательно отобран, а также чтобы строительство надлежащим образом контролировалось для поддержания требуемого

качества строительства с помощью соответствующего системы менеджмента качества строительства.

В ходе проведенного исследования определено, что управление строительством хвостохранилища должно охватывать:

- комплексные проектные чертежи, спецификации и планирование проекта для обеспечения оценки затрат и проведения тендеров и отбора подрядчиков;
- включение в проектную документацию мер по управлению производственными рисками, реализация которых может значительно ухудшить качество строительства, потерю рабочего времени и приведет к удорожанию проекта;
- подбор соответствующего строительного оборудования, способного соответствовать проектным требованиям;
- определение ключевых ролей в управлении проектом, включая инженера-проектировщика, ответственного инженера (для строительного проекта), представителя владельца и специалиста по обеспечению качества;
- привлечение опытных строительных инспекторов для обеспечения соблюдения проекта и признания необходимости консультаций с инженером-проектировщиком для уточнения проекта и обсуждения любых необходимых изменений в проекте;
- привлечение инженера-проектировщика во время строительства, включая периодические проверки работ инженером-проектировщиком и обеспечение того, чтобы любые проектные изменения, внесенные в ходе строительства, были одобрены инженером-проектировщиком и документированы;
- ведение строительных записей, фотографий, отчетов;
- подготовку исполнительной документации.

Для успешной реализации проекта по расширению хвостохранилища (Участок 2) организации необходимо обеспечить, чтобы проект был выполнен компетентным подрядчиком с соответствующим уровнем надзора и контроля качества используемых строительных материалов и технологий, имеющий возможность выполнить строительные работы по проектным чертежам и техническим требованиям. Подрядчик должен иметь проектные чертежи, которые дают точное представление о всех этапах строительных работ, важно регистрировать все отклонения от проектных норм для принятия соответствующих решений.

В процессе строительства, подрядчик должен предоставлять подробное описание геотехнически важных аспектов возведения и наращивания дамбы, таких как подготовка фундаментов, обработка трещин в отсечных траншеях или уплотнение обратной засыпки тела дамбы.

Поскольку неудовлетворительная работа хвостохранилища может оказать резко негативное воздействие на окружающую среду и производственный процесс, и соответственно на корпоративную прибыль и репутацию, организации необходимо внедрять принципы и практику управления хвостохранилищем, которые сводят к минимуму технологические и производственные риски. Данные практики включают в себя проведение ежедневных инспекций хвостохранилища, мониторинг исправной работы контрольно-измерительной автоматики, отчетность об инцидентах, управление строительством дамб, управление изменениями, проведение ежегодных геотехнических инженерных обзоров хвостохранилища с частотой, непосредственно связанной с потенциальной опасностью и категорией последствий разрушения плотины.

Ведущие горнодобывающие организации стремятся к сокращению транспортировки и хранения суспензионных хвостов на хвостохранилищах, чтобы снизить связанные с этим операционные риски. Рекуперация воды перед транспортировкой и осадением максимизирует уровень оборотного водоснабжения для повторного использования и обеспечивает удержание

любых остаточных технологических реагентов от попадания в окружающую среду.

Обезвоживание перед утилизацией может включать сгущение до консистенции пасты, центрифугирование или фильтрацию, и затраты и эффективность увеличиваются в этом порядке. Однако пастовые хвосты более дороги для транспортировки на поверхность хвостохранилища, требуя двухпоршневого объемного насоса и частого перемещения точки разгрузки из-за образующегося крутого пляжа. Фильтрация хвостов является наиболее дорогостоящим методом обезвоживания, но это тот методик, который позволяет транспортировать хвосты на грузовике или конвейере и при необходимости укладывать в штабель и уплотнять. На рисунке 16 представлена схема технологического процесса обезвоживания хвостов и сухого складирования на хвостохранилище.

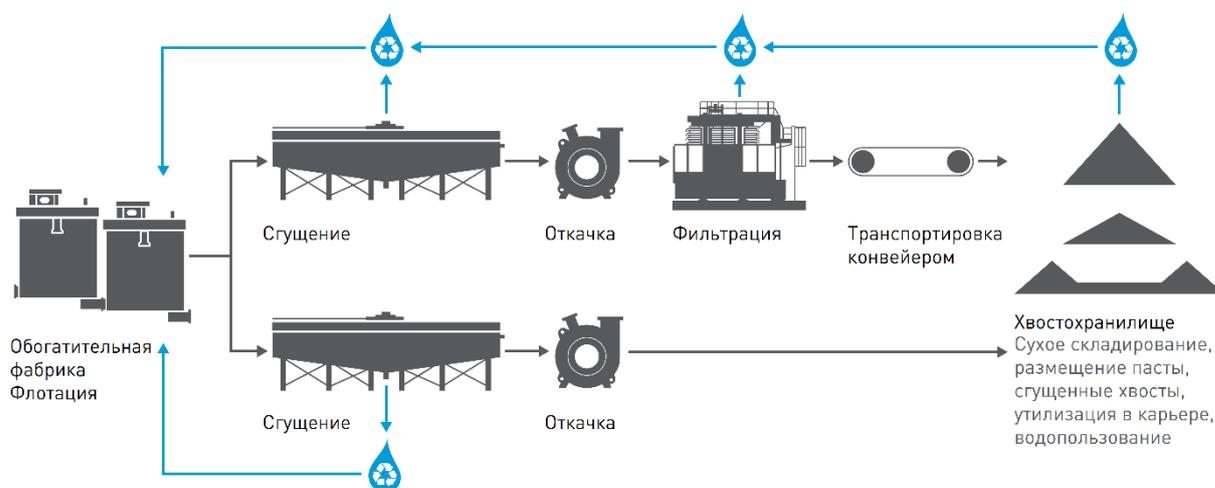


Рисунок 16 – Процесс обезвоживания и сухого складирования хвостов

Возросшие затраты, сопутствующие процессу центрифугированию хвостов, могут быть компенсированы улучшением рекуперации технологической воды, уменьшением объема хвостохранилища (где обезвоженные хвосты все еще можно перекачивать), увеличением плотности хвостов, снижением потребности в подъеме насыпи хвостохранилища,

снижением риска переполнения хвостохранилища и уменьшением просачивания. Дальнейшее увеличение затрат, связанных с фильтрацией хвостов, может быть компенсировано дальнейшим улучшением рекуперации технологической воды, возможностью транспортировки отфильтрованных хвостов грузовиком или конвейером, возможностью сухой укладки отфильтрованных хвостов без необходимости в ограждающих сооружениях, значительно увеличенной плотностью хвостов (особенно если хвосты уплотнены), значительно увеличенной массовой стабильностью хранимых хвостов.

На рисунке 17 приведена матрица уровня и величины риска показывающая эффективность современных технологий управления хвостохранилищем по сравнению с традиционным.



Рисунок 17 – Уровни риска, связанные с различными решениями по управлению хвостовым хозяйством

Двумя ключевыми факторами использования фильтрации и сухой укладки хвостов на сегодняшний день являются извлечение дефицитной технологической воды и более удобная утилизация хвостов в сложных условиях природного рельефа. В будущем, технология управления отфильтрованным материалом должна стать предпочтительным методом

утилизации и хранения хвостов на современных горно-обогатительных предприятиях, данная технология также может быть применима и в ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) при последующих проектах расширения хвостохранилища.

Использование технологии управления отфильтрованным материалом и сухой укладки хвостов значительно сокращает риск общей эксплуатации хвостохранилища, полностью исключает риск прорыва дамб и аварийной приостановки производства, что в совокупности служит повышению корпоративной социальной ответственности организации.

Вывод по третьему разделу: в третьем разделе раскрыта методология базовой оценки риска и анализа приоритетных рисков, выполненных в процессе исследования. Выполнены расчеты базовой оценки рисков на рабочем месте по методике WRAC-анализ при реконструкции гидротехнических сооружений и приведена оценка текущих способов контроля значительных рисков. На основе полученных данных построена модель «Галстук-Бабочка» по приоритетным нежелательным событиям, рассмотрены существующие и рекомендуемые проактивные барьеры источника опасности и мероприятия по реагированию с последствиями.

При реконструкции хвостохранилища, подрядной организацией используется более 62 единиц тяжелой техники, поэтому основное внимание было направлено на производственные и операционные риски и опасности, связанные с управлением тяжелой техникой на строительном участке, а именно: повреждение шин по причине термического воздействия и состояния дороги, состояние здоровья отдельного сотрудника, неисправность гидравлической системы (потеря гидравлического напора), отказ тормозной системы в процессе эксплуатации, пожары в результате механической неисправности или неисправности шин, инциденты, при которых имели место столкновения из-за того, что оператор потерял контроль над вспомогательной техникой и др.

Заключение

В процессе проведенного исследования установлены основные критерии обеспечения надежности и безопасной эксплуатации технологического оборудования хвостового хозяйства (пульповоды, запорной арматуры, насосная станция хвостохранилища), для организации необходимо обеспечить особое внимание на систему контроля и наблюдения за системой гидравлической перекачки хвостов при эксплуатации и технологией перекачки хвостов в хвостохранилище на всех этапах эксплуатации хвостового хозяйства. В основу управления хвостохранилищем должен быть положен риск-ориентированный подход, который позволит обслуживающему и управленческому персоналу не допустить аварийную ситуацию на хвостохранилище, которая может привести к катастрофическим событиям. Риск-ориентированный подход к проектированию обеспечивает основу для управления неопределенностью и изменениями, связанными с эксплуатацией хвостохранилища.

Выполнено построение перспективных моделей гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилища (сценарии обрушения откоса дамбы ограждения, внутренней фильтрационной эрозии тела либо основания дамбы ограждения, перелива воды через гребень ограждения, разрушения водосборного коллектора в теле либо основании дамбы ограждения) и приведенные физико-математические расчеты, позволяют на стадиях проектирования, строительства и управления хвостохранилищами ТОО «KAZ Minerals Boshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) принять необходимые управленческие решения для недопущения развития данных сценариев.

Обоснованные и реализованные в процессе исследования инженерно-технические рекомендации на основе комплексного исследования рисков и опасностей (WRAC-анализ) присущих участку хвостового хозяйства обеспечили достижение поставленной в исследовании цели и выполнение сформулированных в работе задач. Используемый анализ «Галстук-Бабочка»

позволил определить критические средства управления, направленные на предупреждение и уменьшение последствий опасных событий (и требующие особого внимания со стороны инженерного управления фабрики), и оценку их эффективности.

Вывод по первому разделу: в данном разделе на основе анализа возможных аварий, разработана классификация уровней тревоги при внештатных и аварийных ситуациях (14 событий или условий) и план оповещения о нештатных ситуациях.

Вывод по второму разделу: во втором разделе на основе обширного исследования ретроспективных и перспективных сценариев возникновения гидродинамических аварий на дамбах ограждения хвостохранилищ за последние пол века, выполнены модели четырех наиболее перспективных моделей ГДА, которые необходимо принять во внимание, на стадиях проектирования, строительства и управления хвостохранилищами ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь).

Вывод по третьему разделу: в третьем разделе раскрыта методология базовой оценки риска и анализа приоритетных рисков, выполненных в процессе исследования. Выполнены расчеты базовой оценки рисков на рабочем месте по методике WRAC-анализ при реконструкции гидротехнических сооружений и приведена оценка текущих способов контроля значительных рисков.

Доказана необходимость интеграции работы по расширению хвостохранилища в стратегическое планирование управления изменениями объекта, для обеспечения долгосрочных стратегических целей, в том числе целей в области охраны здоровья и безопасности населения, общественных и экологических целей в течение всего срока эксплуатации хвостохранилища.

Продолжением дальнейших исследований проблемы может служить разработка проекта управления отфильтрованным материалом и сухой укладки хвостов на третьем этапе расширения хвостохранилища ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь).

Список используемых источников

1. Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск: Анализ и оценка: Учебное пособие для вузов. – М.: ЭИКЦ «Академкнига», 2005. 118 с.
2. Безопасность гидротехнических сооружений на объектах промышленности и энергетики: Сборник документов. Серия 03, Выпуск 1 – 1 4-е изд., испр. и доп. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. 456 с.
3. Беллендир Е.Н., Ивашинов Д.А., Стефанишин Д.В., Финагенов О.М., Шульман С.Г. Вероятностные методы оценки надежности грунтовых гидротехнических сооружений. – СПб.: ОАО ВНИИГ им. Б.Е.Веденева, 2003, 2004. В двух томах. 553 с. 524 с.
4. Векслер А.Б., Ивашинов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка рисков и принятие решений. СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Венедеева», 2002. 590 с.
5. ГОСТ Р 22.0.05-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения [Электронный ресурс]: Постановление Госстандарта России от 26 декабря 1994 №362. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133493> (дата обращения: 10.10.2020).
6. Декларация промышленной безопасности по эксплуатации хвостохранилища обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Boshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь) / разработчик ТОО «НИЦ «ГеоСервис», 2018. 68 с.
7. Единые правила безопасности при дроблении, сортировке обогащении полезных ископаемых и окусковании руд и концентратов (ПБ-03-571-03). Серия 03, Выпуск 26 / Колл. Авт. – М.: Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2009. 120 с.

8. Историк Б.Л., Прудовский А.М., Школьников С.Я. Гидравлические аспекты прогноза условий прорыва напорного фронта гидроузлов // Научно-технический и производственный сборник. Вып.1. АО НИИЭС. – М.: 2007. 251 с.
9. Кибирев В.И. Сгущение, гидротранспорт и складирование сгущенных хвостов. III-й форум Восток-Запад, Люблин, 2013. 52 с.
10. Климович В.И., Прокофьев В.А. Расчет параметров волны прорыва и определение границы зоны затопления при аварии на ЗШТ// Гидротехническое строительство. №1, 2015. 59 с.
11. Комаров А.А. Расчет параметров волн прорыва, основанный на распаде произвольного обрыва// Гидротехническое строительство. №7, 2014. 382 с.
12. Меленьтев В.А., Павчич М.П. Катастрофические аварии хвостохранилищ//Гидротехническое строительство. №21. 2014 С. 85-99.
13. Методика определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений) [Электронный ресурс]: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29.03.2016 № 120 (ред. от 03.08.2016). URL: <http://docs.cntd.ru/document/420349103> (дата обращения: 05.10.2020).
14. Методика оценки уровня безопасности гидротехнических сооружений. Стандарт предприятия. / Под ред. И.Н. Иващенко. М.: ОАО «НИИЭС», 2004. 24 с.
15. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов. Согласовано МЧС России (№9-4/02-644 от 14.08.2001 г.). М.: Изд-во ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», 2002. 44 с.
16. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. 488 с.

17. О безопасности гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 21.07.97 №117-ФЗ (ред. от 29.07.2018). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.07.1997-N-117-FZ/> (дата обращения: 10.10.2020).

18. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный Закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.07.1997-N-116-FZ/> (дата обращения: 10.10.2020).

19. Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов [Электронный ресурс]: Постановление Федерального горного и промышленного надзора России от 28.01.2002 №6. URL: <http://base.safework.ru/law?d&nd=33304014&prevDoc=33304014> (дата обращения: 25.10.2020)

20. Проект эксплуатации хвостохранилища обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь). Том 1. Общая пояснительная записка. Шифр: KBL1702-5288-004510-ОПЗ, / разработчик ТОО НИЦ «Биосфера Казахстан», г. Караганда, 2018. 147 с.

21. Проект эксплуатации хвостохранилища обогатительной фабрики ТОО «KAZ Minerals Bozshakol» (КАЗ Минералз Бозшаколь). Том 2. Гидротехнические решения. Эксплуатация. Шифр: KBL1702-5288-004510-ГР.Э, / разработчик ТОО НИЦ «Биосфера Казахстан», г. Караганда, 2018. 16 с.

22. Расчет устойчивости откосов методом Монте-Карло / Н.С. Розанов, Л.В. Горелик и др. // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике. Оценка и обеспечение надежности гидротехнических сооружений/ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2011. С. 45-72.

23. РД 03-417-01 Методические рекомендации по составлению проекта мониторинга безопасности гидротехнических сооружений на поднадзорных Госгортехнадзору РФ производствах, объектах и в организациях [Электронный ресурс]: Постановление Федерального горного и

промышленного надзора России от 4.07.2001 №27. URL: <https://dikipedia.ru/document/5320139?pid=5> (дата обращения: 19.10.2020).

24. РД 153-34.2-002-01 Временная методика оценки ущерба, возможного вследствие аварии гидротехнического сооружения. – ОАО «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений» М., 2001 г., утв. Приказом Минэнерго России от 26.04.2001. №130. 59 с.

25. Рекомендации по обследованию гидротехнических сооружений с целью оценки их безопасности. П92-2001/ ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – СПб: 2001. 129 с.

26. Рекомендации по оценке устойчивости гидротехнических сооружений из грунтовых материалов при сейсмозрывных и эксплуатационных динамических воздействиях. П102-2006/ ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – СПб.: 2006. 59 с.

27. Рекомендации по проведению натурных наблюдений и исследований креплений откосов грунтовых сооружений и береговых склонов: П74-2000/ВНИИГ. – СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2000. 79 с.

28. СО 34.21.307-2005 Безопасность гидротехнических сооружений. Основные понятия. Термины и определения // А.Б. Векслер, Д.В. Стефанишин. ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». – СПб.: 2005.

29. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения [Электронный ресурс]: Приказ Министерства регионального развития РФ от 29.12.2011 №623. URL: <https://dikipedia.ru/document/5215910> (дата обращения: 15.10.2020).

30. СП РК 5.01-102-2013 "Основания зданий и сооружений" (с изменениями и дополнениями от 06.11.2019 г.) – Приказ Комитета по делам строительства, жилищнокоммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ. АО «КазНИИСА», Алматы, 2015. 20 с.

31. СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им Б.Е. Веденеева», 2005. 27 с.
32. British Standards Instruction. BS 5760 – Reliability of systems, equipment and components: Part 5 – Guide to failure modes, effects and criticality analysis (FMAE and FMECA). BSI. – London: 2009. P. 74.
33. Dam-Break Flood Analysis. ICOLD. Committee on hydraulics for dams. Bulletin 325, 2019. P. 41.
34. Environmental and Safety Incidents concerning Tailings Dams at Mines: Results of a Survey for the years 1976-2016 by Mining Journal Research Services; a report prepared for United Nations Environments Program, Industry and Environment. Paris, 2017. P.135.
35. Hartford D. Dam Risk Management in Canada - A Canadian approach to dam safety// Int. Workshop on risk-based dam safety evolution. – Trondheim, 2007. P. 157.
36. ICOLD Bulletin on Risk Assessment. Risk Assessment in Dam Safety Management, 2003. P. 15.
37. Tailings Dam Incidents. U.S. Committee on Large Dams – USCOLD, Denver, Colorado, 2017. P. 173
38. The use Risk Analysis to support Dam Safety decisions Management. Trans of the 20-th Int. Congress on Large Dams. Vol. 1 Q. 76. 19-22 September. Beijing-China. 2000. P. 896.
39. Wilhams D.A., Marker H.F., McPhail G.I., Greaver P. Probability Approach of a Flow Failure Occurring at a Platinum Tailings Impoundment in Southern Africa. / Int. Symposium on Safety and Rehabilitation of Tailings Dams. CIGB ICOLD. Sydney, 23 May 2010. Presented Papers. Volume 3. P. 182 - 201.

Приложение А
Классификация уровней тревоги при внештатных и аварийных ситуациях

Уровень 1: Внештатная ситуация

Уровень 2: Аварийная ситуация

Уровень 3: Катастрофа

Таблица А.1 - Классификация уровней тревоги

Событие либо условие	Ситуация	Уровень тревоги
1	2	3
Увеличение уровня воды, паводки либо перелив	Уровень воды в хвостохранилище растет и приближается к установленному значению глубины до гребня дамбы	1
	Уровень воды в хвостохранилище выше установленного значения глубины до гребня дамбы либо высоты надводного борта (например, 1 метр)	2
	Вода переливается через дамбу	3
	Вода переливается через дамбу либо границу пояса дамбы	3
Чрезмерное выпадение осадков	Угроза ливневых паводков в результате сильного дождя либо быстрого таяния снегов	1
	Угроза схода снега/лавины в пруд	1
	Угроза оползня/разрушения борта дамбы в пруд	1
	Наблюдается насыщение почвы вблизи либо на дамбе хвостохранилища	1
	Вода начинает течь через аварийный водосброс	1
Ураганный ветер	Точечные осадения грунта либо нестабильность напорной грани дамбы	1
	Признаки эрозии хвостового пляжа от волн	1
	Признаки эрозии от волн в районе верховой стороны дамбы	2
Эрозия либо закупорка водосброса	Эрозия от сильных ветров/пылеобразование от обнаженной части хвостового пляжа	1
	Незначительная эрозия/мутность, замеченная в воде с аварийного водосброса	1
	Признаки эрозии потока аварийного водосброса с направлением основного потока в сторону карьера	2
Просачивание воды	Аварийный водосброс забит большим объемом мусора либо оползшим материалом при этом уровень в хвостохранилище приближается к минимальной отметки надводного борта	2
	Изменения растительного слоя, указывающие на увеличение насыщения дамбы	1
	Новый участок просачивания либо увеличенный сброс	1

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
	Быстрое и значительное увеличение объемов просачивания, однако просачивающаяся вода не замутненная	1
	Новый участок просачивания либо утечка с внутренней дренажной системы с признаками замутненности (повышенная мутность) и увеличением расхода	2
	Скорость просачивания выше указанного расхода либо способствует образованию эрозии (чрезмерная замутненность, либо наличие осадка) в основании дамбы	3
Порыв хвостовой линии трубопровода	Течь на разгрузке либо хвостовой линии, приводящая к незначительной эрозии поверхности дамбы и/или утечке пульпы	1
	Течь на разгрузке либо хвостовой линии, приводящая к глубинной эрозии поверхности дамбы и/или утечке пульпы	2
	Порыв в районе разгрузки либо хвостовой линии, возможно приведшие к значительной либо катастрофической эрозии поверхности дамбы и/или утечке пульпы	3
Провал грунта	Провалы грунта, не влияющие на конструктивную целостность	1
	Провалы грунта, обнаруженные на гребне дамбы в районе основания	2
	Выявление вновь образовавшихся провалов грунта в пределах хвостохранилища либо на дамбе	2
	Быстро-увеличивающиеся в размере провалы грунта	3
Растрескивание опоры и дамбы	Новые трещины дамбы либо устоя, ширина которых превышает указанное значение	1
	Новые трещины дамбы с характерным просачиванием	2
	Новые трещины устоя дамбы с признаками просачивания и увеличения потока	3
Смещение дамбы	Отмеченная подвижность/оползание либо вспучивание низовой пяты, откоса либо гребня дамбы	1
	Отмеченная подвижность/оползание либо вспучивание низовой пяты, откоса либо гребня дамбы, несущая прямую угрозу конструктивной целостности дамбы.	2
	Внезапное либо резко увеличивающееся оползание откоса дамбы	3
	Внезапная либо резко увеличивающаяся просадка гребня дамбы	3

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
Следы присутствия диких животных	Повреждение контрольной аппаратура в результате воздействия на них диких животных	1
	Наличие следов животных на напорной грани либо устое дамбы	1
Землетрясение	Измеримое землетрясение, осязаемое либо зарегистрированное в пределах указанного расстояния от дамбы	1
	Измеримое землетрясение с видимыми конструктивными разрушениями сооружений и средств контроля дамбы	2
	Измеримое землетрясение, приведшее к повреждению систем контроля приема/сброса материала, дамбы либо вспомогательного оборудования, что привело к неконтролируемому сбросу воды	3
Угроза безопасности	Подтвержденная угроза взрыва, которая, в случае реализации, может привести к повреждениям дамбы	2
	Сдетанированный взрывной заряд, который привел к повреждению дамбы либо вспомогательного оборудования	3
Случаи вандализма	Случаи вандализма систем трубопровода перекачки хвостов без видимых утечек	1
	Случаи вандализма в отношении систем контроля притока/оттока материала, дамбы либо вспомогательного оборудования без нанесения ущерба функционалу дамбы	1
	Случаи вандализма в отношении контрольно-измерительных приборов	1
	Случаи вандализма с нанесением повреждений системы контроля притока/оттока материала, дамбы либо вспомогательного оборудования, что привело к появлению протечек	2
	Случаи вандализма с нанесением повреждений системы контроля притока/оттока материала, дамбы либо вспомогательного оборудования, что привело к неконтролируемому сбросу воды	3
Прочие ситуации	Любая нештатная ситуация либо обстоятельство, применимое непосредственно к дамбе, либо прилегающей территории, потенциально угрожающее состоянию дамбы	1
	Любая нештатная ситуация либо обстоятельство, которое привело к видимым повреждениям дамбы и требует мер по ослаблению воздействия с целью восстановления структурной целостности дамбы	2
	Любая нештатная ситуация либо обстоятельство, которое привело, либо скорее всего приведет к неконтролируемому сбросу воды либо хвостов с хвостохранилища	3

Приложение Б

Базовая оценка рисков на хвостохранилище при реконструкции гидротехнических сооружений

Таблица Б.1 - WRAC-Анализ участка хвостового хозяйства (хвостохранилище) на период реконструкции

Классификация опасностей	Источник риска	Механизм реализации	Описание нежелательного события	Вероятность события (с учетом текущих способов контроля)	Последствие (если событие произойдет)							Максимальный рейтинг риска
					S	H	E	C	L & R	M	R	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Замкнутые пространства	Колодцы	Работа системы	Вход в замкнутое пространство (кислородное голодание)	2	4				3			14 (S)
Гравитация (Люди)	Работа / движение работников	Механика тела	Игнорирование правила трех точек (лица несущие инструменты и оборудование в руках при передвижении)	2	3							9 (M)
Гравитация (Люди)	Работа / движение работников	Механика тела	Использование сотовых телефонов и раций во время ходьбы	3	3							13 (S)
Электрический	Электропитание оборудования фабрики	Ток	Контакт людей с источниками электропитания	2	4				3	3	2	14 (S)

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Человеческий фактор / поведение	Личное отношение	Факторы, инициирующие определённое поведение	Лица с негативным / противоречивым отношением	2	2							5 (L)
Электрический	Электропитание оборудования фабрики	Ток	Небаланс напряжения питания (перегрев моторов)	2						2		5 (L)
Почва/грунт	Горные работы	Горные работы	Негативное влияние на местное сообщество и экосистемы	2			1	2				5 (L)
Почва/грунт	Земляные работы	Земляные работы	Негативное влияние на местное сообщество и экосистемы	2			1	2				5 (L)
Гравитация (Объекты)	Борта дамбы (хвостохранилища, пруды)	Водохранилище	Недостаточный уровень контроля (управление объектом)	2			4		4	4	5	19 (S)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Кинетическая энергия	Неправильное применение мобильный техники	2	4				2	2		14 (S)

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Почва/грунт	Горные работы	Горные работы	Несоблюдение положений о земельном отводе	2			1	2				5 (L)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Кинетическая энергия	Неуправляемое движение мобильной техники	3	4				2	2		18 (S)
Гравитация (Люди)	Работа / движение работников	Механика тела	Открытые участки решеток (не заменены / отсутствие ремонта и контроля)	2	4				3	2	2	14 (S)
Гравитация (Люди)	Работа / движение работников	Механика тела	Падение в водоем при его проверке/инспекции или техобслуживании	1	4				3	2	2	10 (M)
Механический (стационарные объекты)	Устройство	Выполнении земляных работ	Повреждение трубы при разработке грунта/земляных работах	4						3		17 (S)
Эргономика	Техническое обслуживание	Выполнение работ по техническому обслуживанию	Работа в неудобном положении/при трудном доступе к оборудованию	4	3	2						17 (S)

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Кинетическая энергия	Столкновение мобильной техники	2	4				3	3		14 (S)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Кинетическая энергия	Столкновение мобильной техники с конструкциями или оборудованием	4	3					2		17 (S)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Движение техники	Столкновение мобильной техники с персоналом	2	4				3	2		14 (S)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Факторы, инициирующие определённое поведение	Управление мобильной техники лицами, не имеющими соответствующий допуск	2	4				2	2		14 (S)
Механический (мобильные объекты)	Движение техники	Факторы, инициирующие определённое поведение	Управление мобильной техники лицами, не имеющими соответствующий допуск	2	4				2	2		18 (S)
Гравитация (Люди)	Работа / движение работников	Механика тела	Хожение по скользкой поверхности	3	3							13 (S)

Таблица Б.2 – Оценка текущих способов контроля значительных рисков

Классификация опасностей (источников риска)	Описание нежелательного события	Текущие способы контроля
1	2	3
Замкнутые пространства	Вход в замкнутое пространство (кислородное голодание)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Процедура проведения работ в замкнутых пространствах 2. Процедура выдачи наряда-допуска 3. Система обучения РАІ 4. План управления чрезвычайными ситуациями 5. Процедура анализа безопасности работ (АБР) 6. Правило трех опорных точек
Гравитация (Люди)	Игнорирование правила трех точек (лица несущие инструменты и оборудование в руках при передвижении по лестницам)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вводный инструктаж 2. Знаки безопасности с символами 3. Ежедневный инструктаж по ТБ и Кампании по безопасности 4. СИЗ 5. Поддержание порядка и чистоты 6. Механические средства для манипуляций или транспортировки рабочих инструментов 7. Ограждение прудов технологической воды
Гравитация (Люди)	Падение в водоем при его проверке/инспекции или техобслуживании	<ol style="list-style-type: none"> 1. Огороженная пешеходная дорожка 2. Порядок работы на высоте 3. СИЗ (ремни безопасности) 4. Рабочие платформы 5. Процесс SLAM 6. Поддержание чистоты и порядка на рабочем месте 7. Наряд на демонтаж решеток 8. Спасательные карабины и канаты/тросы 9. Спасательный канат с обвязкой
Электрический	Повреждение электрических кабелей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Система нарядов-допусков 2. Схемы электрической разводки 3. Приборы для определения места повреждения в кабеле 4. УРОВ 5. Релейная защита 6. Обученный и аттестованный персонал 7. Соответствие требованиям РК 8. Процедура отключения

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3
Механический (мобильные объекты)	<p>1) Столкновение мобильной техники с персоналом</p> <p>2) Столкновение мобильной техники с конструкциями или оборудованием</p>	<p>1. План управления дорожным движением</p> <p>2. Сертифицированные и обученные операторы</p> <p>3. Система двусторонней радиосвязи</p> <p>4. План контроля рисков, связанных с усталостью</p> <p>5. План обслуживания дорог</p> <p>6. Выделенная пешеходная дорожка</p> <p>7. Специальные парковочные площадки/стоянка</p> <p>8. Рабочая одежда повышенной видимости</p> <p>9. Ежегодный медицинский осмотр</p> <p>10. Предпусковая проверка</p>
Гравитация (Люди)	Хождение по мокрой, скользкой или обледенелой поверхности	<p>1. Поддержание чистоты и порядка на рабочем месте</p> <p>2. Приспособления против скольжения (ботинки с шипами)</p> <p>3. Визуальная проверка маршрута (SLAM)</p> <p>4. Уход за обледеневшими/скользкими поверхностями и пешеходными дорожками</p>
Электрический	Электрические элементы, в которые просочилась вода	<p>1. Гидроизоляционный стандарт для электрического оборудования (пылевлагозащита)</p> <p>2. Сертификат соответствия непосредственного изготовителя</p> <p>3. Система спецификации закупки</p> <p>4. Визуальный осмотр оборудования и ведомости технического контроля</p> <p>5. Система выявления опасных факторов</p>

Приложение В
Анализ рисков по методу «Галстук-Бабочка» для участка хвостохранилища

Таблица В.1 - Проактивные барьеры (контроли) источника опасности

Повреждение шины				
Повреждение шин по причине термического воздействия и состояния дороги				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
1	2	3	4	5
Техническое обслуживание для обеспечения исправного состояния дорог	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник участка
Персонал по техническому обслуживанию имеет соответствующую квалификацию и опыт для проведения требуемых работ	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Машинист выполняет проверку согласно специальному перечню, проведения проверки	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Машинисты
Бригада технического обслуживания проверяет давление в шинах один раз в два дня	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Мастер по шинам
Контроль состояния шин. Контроль износа шин	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Мастер по шинам
Обучение, присвоение квалификаций и допуск машинистов (объем работ департамента обучения)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Руководитель отдела обучения и развития
Состояние здоровья машиниста				
Состояние здоровья отдельного сотрудника				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
Ежегодный медицинский осмотр	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Менеджер по ОТ и ПБ

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5
Освидетельствование на состояние алкогольного опьянения. Ежедневная проверка машинистов на состояние алкогольного опьянения	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Право/полномочия на прекращение работ. Система позволяющая остановить работу при обнаружении небезопасных действий или условий	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Физические лица
Наставничество. Опытные сотрудники осуществляют надзор и инструктируют новых или неопытных сотрудников.	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник участка
Лица имеющие соответствующую квалификацию, и обученные для работы на оборудовании под напряжением	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник участка
Наряд-допуск. Специальное разрешение, выдаваемое персоналу для работы на оборудовании	Критический контроль	2 Административные	Качество > 90%	Мастер смены
Система подбора персонала. Система подтверждения квалификации и опыта при приеме на работу	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Начальник управления по работе с персоналом
Неисправность гидравлической системы				
Неисправность гидравлической системы (потеря гидравлического напора)				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
Техническое обслуживание с использованием запасных частей в соответствии с требованиями производителя оборудования	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5
Плановое технологическое обслуживание выполняется на еженедельной основе согласно графику	Критический контроль	2 Административные	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Проверки, проводимые, перед запуском техники. Машинист выполняет проверку согласно специальному перечню, проведения проверки	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Машинисты
Персонал по техническому обслуживанию имеет соответствующую квалификацию и опыт для проведения требуемых работ	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Автоматическая система отключения машины/техники, которая срабатывает при обнаружении неисправности системы гидравлики	Критический контроль	4 Технические	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Неисправность тормозов				
Отказ тормозной системы в процессе эксплуатации				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
Автоматическая система отключения машины/техники, которая срабатывает при обнаружении неисправности системы торможения	Критический контроль	4 Технические	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Обучение, присвоение квалификаций и допуск машинистов (объем работ департамента обучения)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Руководитель отдела обучения и развития

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5
Проверка работы ручного тормоза, педали тормоза и тормоза-замедлителя	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Машинисты
Проверки, проводимые, перед запуском техники. Машинист выполняет проверку согласно специальному перечню, проведения проверки	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Машинисты
Плановое технологическое обслуживание выполняется на еженедельной основе согласно графику	Критический контроль	2 Административные	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Техническое обслуживание с использованием запасных частей в соответствии с требованиями производителя оборудования	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Пожар в кабине				
Пожары в результате механической неисправности или неисправности шин				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
Система отключения электрики (ковши). Система отключения, зарабатываемая при возгорании электросистемы	Критический контроль	4 Технические	Качество 60-90%	Начальник службы ТО и ремонта электрооборудования и КИПиА
Переносные огнетушители, установленные на технике/машине	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Машинисты

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5
Система ANSUL. Ручная и автоматизированная система обнаружения и тушения пожара	Критический контроль	4 Технические	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
График планового технического обслуживания. Плановое технологическое обслуживание выполняется на еженедельной основе согласно графику	Критический контроль	2 Административные	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Проверки, проводимые, перед запуском техники. Машинист выполняет проверку согласно специальному перечню, проведения проверки	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Машинисты
Обучение, присвоение квалификаций и допуск машинистов (объем работ департамента обучения)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Руководитель отдела обучения и развития

Таблица В.2 – Мероприятия по реагированию с последствиями

Опрокидывание крупногабаритной тяжелой техники для горных работ				
Опрокидывание техники при передвижении по наклонной плоскости				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
1	2	3	4	5
План аварийного реагирования на случаи аварий на объекте	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Система RCAP для расследования происшествий	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Начальник участка

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5
Страхование активов	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Руководитель транспортного управления
Страхование (жизни)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник управления по работе с персоналом
Юридический департамент проводит консультации на площадке касательно законодательных требований	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Координатор по соответствию нормативным требованиям - юрист.
Имеющаяся в наличии тяжелая горная техника для ведения текущих работ, и мощности для замены и ремонта вышедшей из строя техники	Не критичные меры	5 Замена	Качество 60-90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Повреждение гидротранспорта в результате наезда				
Повреждение оборудования в результате аварии с участием тяжелой горной техники				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
Система отключения, зарабатываемая при возгорании электросистемы	Критический контроль	4 Технические	Качество 60-90%	Начальник службы ТО и ремонта электрооборудования и КИПиА
План аварийного реагирования на случаи аварий на объекте	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Страхование активов (собственное/кэптивное страхование)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Руководитель транспортного управления

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.2

Возгорание (пожар)				
Пожар в результате возгорания дизельного топлива				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
Система ANSUL. Ручная и автоматизированная система обнаружения и тушения пожара	Критический контроль	4 Технические	Качество > 90%	Начальник Управления по обслуживанию и ремонту
Система отключения, зарабатываемая при возгорании электросистемы	Критический контроль	4 Технические	Качество 60-90%	Начальник службы ТО и ремонта электрооборудования и КИПиА
Огнетушители в кабине. Переносные огнетушители, установленные на технике/машине	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Машинисты
План аварийного реагирования на случаи аварий на объекте	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Система RCAP для расследования происшествий	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Начальник участка
Страхование активов (собственное/кэптивное страхование)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Руководитель транспортного управления
Страхование (жизни)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник управления по работе с персоналом

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.2

Столкновение с другим транспортом или техникой				
Инциденты, при которых имели место столкновения из-за того, что оператор потерял контроль над вспомогательной техникой				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
Ремни безопасности. Обязательное требование пристегивать ремни безопасности	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Машинисты
Подушки безопасности установлены только на легковой транспорт	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Машинисты
План аварийного реагирования на случаи аварий на объекте	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Система RCAP для расследования происшествий	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Начальник участка
Аварийно-спасательные службы, находящиеся на объекте (обученный медицинский персонал, скорая помощь, аварийно-спасательная бригада, медицинские пункты, лицо, обученное правилам оказания первой помощи, аптечка первой помощи)	Критический контроль	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Единичные или многочисленные смертельные случаи				
Смертельные случаи в результате аварий крупногабаритной тяжелой техники для горных работ				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
План аварийного реагирования на случаи аварий на объекте	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Система RCAP для расследования происшествий	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Начальник участка

Продолжение Приложения В

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5
Страхование (активов)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Руководитель транспортного управления
Страхование (жизни)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник управления по работе с персоналом
Юридический департамент проводит консультации на площадке касательно законодательных требований	Не критичные меры	2 Административные	Качество 60-90%	Координатор по соответствию нормативным требованиям - юрист.
Наезд тяжелой горной техники на человека/людей				
В результате аварии человек оказывается зажат транспортом или оказывается под ним				
Меры и средства контроля, факторы эскалации	Критичность мер	Тип мер и средств контроля	Качество	Ответственный за меры контроля
План аварийного реагирования на случаи аварий на объекте	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Аварийно-спасательные службы, находящиеся на объекте (обученный медицинский персонал, скорая помощь, медицинские пункты, лицо, обученное правилам оказания первой помощи)	Критический контроль	2 Административные	Качество > 90%	Менеджер по ОТ и ПБ
Система RCAP для расследования происшествий	Не критичные меры	2 Административные	Качество 30-60%	Начальник участка
Страхование (жизни)	Не критичные меры	2 Административные	Качество > 90%	Начальник управления по работе с персоналом