

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЕВРО ИНЖИНИРИНГ»



Заказчик: ООО «Братский завод ферросплавов»

ООО «БЗФ». РЕКОНСТРУКЦИЯ ШЛАМОНАКОПИТЕЛЯ

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

**Раздел 13. Иная документация в случаях, предусмотренных
Федеральными законами**

Подраздел 1. Декларация безопасности гидротехнических сооружений

**Часть 2. Расчет вероятного вреда, который может быть причинен жизни,
здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в
результате аварии ГТС**

ЕИ-10/22-ДБ2

Том 13.1.2

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЕВРО ИНЖИНИРИНГ»



Заказчик: ООО «Братский завод ферросплавов»

ООО «БЗФ». РЕКОНСТРУКЦИЯ ШЛАМОНАКОПИТЕЛЯ

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 13. Иная документация в случаях, предусмотренных Федеральными законами

Подраздел 1. Декларация безопасности гидротехнических сооружений

Часть 2. Расчет вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии ГТС

ЕИ-10/22-ДБ2

Том 13.1.2

Заместитель генерального директора

Главный инженер проекта





К.В. Рысев

А.А. Пантелеев

Москва 2023

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Разработал	А.В. Елисеев	
Проверил	Т.В. Вережкин	
ГИП	А.А. Пантелеев	
Нормоконтроль	Т.В. Вережкин	

Содержание

1	Наименование владельца ГТС, его реквизиты, дата составления.....	5
2	Основание для проведения расчета.....	6
3	Наименования и реквизиты организации, выполнившей расчет размера вероятного вреда .	7
4	Перечень использованных нормативных материалов.....	8
5	Перечень используемых исходных данных с указанием источников их получения. Принятые допущения. Порядок расчета	10
5.1	Исходные данные	10
5.2	Принятые в расчете вреда допущения.....	10
5.3	Порядок расчета.....	11
6	Описание и обоснование принятых к расчету сценариев аварий гидротехнического сооружения	13
6.1	Общая характеристика ГТС.....	13
6.2	Краткая характеристика гидротехнических сооружений.....	16
6.3	Обоснование возможных сценариев возникновения и развития аварий	17
7	Оценка риска аварий ГТС и возникновение возможных чрезвычайных ситуаций.....	21
8	Расчет размера вероятного вреда в результате возникновения гидродинамической аварии на шламонакопителе	27
9	Выводы.....	34
	ПРИЛОЖЕНИЯ	35
	Приложение 1. План-схема ГТС шламонакопителя с указанием положения поперечных сечений ..	36
	Приложение 2. Поперечные сечения ограждающей дамбы шламонакопителя.....	37
	Приложение 3. Сценарии гидродинамической аварии на гидротехнических сооружения шламонакопителя.....	40
	Приложение 4. Расчет размыва ограждающей дамбы шламонакопителя ООО «БЗФ» и расчет зоны затопления	41
	Приложение 5. Границы затопления в случае гидродинамической аварии на шламонакопителе	48
	Приложение 6. Определение объема вынесенных неконсолидированных отходов из накопителя ...	49
	Таблица регистрации изменений.....	50

Состав проектной документации приведен в отдельном томе ЕИ-10/22-СП.

1 Наименование владельца ГТС, его реквизиты, дата составления

Полное наименование: Гидротехнические сооружения шламонакопителя Общества с ограниченной ответственностью «Братский завод ферросплавов».

Сокращенное наименование: ГТС шламонакопителя ООО «БЗФ».

Место нахождения ГТС: Иркутская область. Муниципальное образование: г. Братск. Бассейновый округ: Ангаро-Байкальский. Шламонакопитель расположен в 8,5 км западнее г. Братска, на 26,0 км выше створа плотины Братской ГЭС и на расстоянии 600 км от г. Иркутска.

Собственник

Полное наименование: Общество с ограниченной ответственностью «Братский завод ферросплавов»;

Сокращённое наименование: ООО «БФЗ»;

Юридический адрес: 665700, Иркутская область, город Братск, промышленный район П01, Здание 11/1;

Телефон/факс: +7 (39-53) 49-59-01 / +7 (39-53) 49-59-38;

Реквизиты:

ИНН / КПП 3804028227 / 424950001

ОКПО 15020043

Р/с 4070 2810 4000 0000 0671 в АО «Углеметбанк» в г. Челябинск,

К/с 3010 1810 2750 1000 0787

БИК 047501787

Эксплуатирующая организация

Полное наименование: Общество с ограниченной ответственностью «Братский завод ферросплавов»;

Сокращённое наименование: ООО «БФЗ»;

Юридический адрес: 665700, Иркутская область, город Братск, промышленный район П01, Здание 11/1;

Телефон/факс: +7 (39-53) 49-59-01 / +7 (39-53) 49-59-38;

Реквизиты:

ИНН / КПП 3804028227 / 424950001

ОКПО 15020043

Р/с 4070 2810 4000 0000 0671 в АО «Углеметбанк» в г. Челябинск,

К/с 3010 1810 2750 1000 0787

БИК 047501787

Дата составления: 20.09.2023г.

2 Основание для проведения расчета

Расчет выполнен на основании:

- Федерального закона № 117-ФЗ от 21.07.1997 «О безопасности гидротехнических сооружений»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 20.11.2020 № 1892 «О декларировании безопасности гидротехнических сооружений»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 03.10.2020 №1596 «Об утверждении Правил определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии гидротехнического сооружения».

3 Наименования и реквизиты организации, выполнившей расчет размера вероятного вреда

Настоящая проектная документация выполнена ООО «Евро Инжиниринг» (115114, Москва, 1-ый Дербеневский пер, д. 5, офис 101, тел.: + +7 (495) 764 48 87, e-mail: info@ee-russia.com) на основании договора № ЕИ-10/22 от 24 октября 2022 г. с ООО «Братский завод ферросплавов» (ООО «БЗФ»). ООО «Евро Инжиниринг» оказывает инжиниринговые услуги.

Допуск к работам, выполняемым ООО «Евро Инжиниринг», подтверждается Выпиской из реестра членов саморегулируемой организации №7733803403-20230917-2123 от 17 сентября 2023г.

4 Перечень использованных нормативных материалов

При определении размера вреда использовались следующие документы:

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».
2. Федеральный закон от 27.07.2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 20.11.2020 №1892 «О декларировании безопасности гидротехнических сооружений».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.10.2020 №1596 «Об утверждении Правил определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии гидротехнического сооружения».
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.10.2020 №1607 «Об утверждении критериев классификации гидротехнических сооружений».
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.05.2007 №304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.09.2016 №913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».
8. Постановлением Правительства Российской Федерации от 01.03.2022 №274 «О применении в 2022 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду».
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.03.2017 №255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду».
10. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10.12.2020 №516 «Об утверждении Методики 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)».
11. ГОСТ Р 22.2.09-2015 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений. Общие положения (Переиздание).
12. СП 58.13330.2019 Гидротехнические сооружения. Основные положения СНиП 33-01-2003.

13. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 (с Изменением №1).

14. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99*.

15. Милитеев А.Н., Сладкевич М.С. Разностная схема для решений плановых уравнений мелкой воды / Деп. в ВИНТИ. Депонированные рукописи. – 1983.

16. Прудовский А.М. Образование прорана при прорыве земляной плотины. Безопасность энергетических сооружений.//Научно-технический и производственный сборник. Вып.2-3. АО НИИЭС.М.:1998.

17. Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений. СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04, 2005.

5 Перечень используемых исходных данных с указанием источников их получения. Принятые допущения. Порядок расчета

5.1 Исходные данные

1. Расчет размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварий на гидротехнических сооружениях шламонакопителя ООО «БЗФ» (г. Санкт-Петербург, 2014 г.);
2. Декларация безопасности гидротехнических сооружений ООО «Братский завод ферросплавов» (г. Братск 2014 г.);
3. Годовой отчет о состоянии ГТС в 2018 году шламонакопителя ООО «БЗФ» (г. Братск 2019г.);
4. Акт преддекларационного обследования;
5. Технический отчет по инженерно-геодезическим изысканиям;
6. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям;
7. Технический отчет по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям;
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. Сборник. 2016 г.
9. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации.

5.2 Принятые в расчете вреда допущения

При оценке социального ущерба от аварии ГТС принимается, что:

- основной вклад в размер социального ущерба от аварии ГТС вносит возможный социальный ущерб в зоне затопления в нижнем бьефе ГТС; в верхнем бьефе ГТС возвратные и безвозвратные потери людей не ожидаются;

- оценка числа погибших и пострадавших не производится, если люди, находящиеся в зоне затопления, в которой время добегания волны прорыва превышает 24 часа, могут быть полностью эвакуированы;

- в зоне катастрофических разрушений, когда отсутствует время для эвакуации людей, принимается, что аварийному воздействию подвергается 100% людей, попавших в зону затопления;

- в зонах сильных, средних и слабых разрушений, когда эвакуация людей производится частично, принимается, что воздействию подвергается 75% людей, попавших в зону затопления.

Общие потери среди работников ГТС принимаются равными 60% от численности персонала ГТС, находящегося в зоне катастрофических разрушений; из них безвозвратные потери составят 40% от общих потерь, возвратные потери - 60% от общих потерь.

Степень вреда, причиненного здоровью пострадавших людей, принимается равной степени разрушений жилого фонда и имущества граждан:

- в зоне катастрофических разрушений $K1 = 0,9$;
- в зоне сильных разрушений $K2 = 0,7$;
- в зоне средних разрушений $K3 = 0,3$;
- в зоне слабых разрушений $K4 = 0,1$.

Учитывая наличие сведений о количестве и протяженности объектов транспорта и связи, попадающих в зону затопления и их распределении по зонам сильных, средних и слабых разрушений, расчет протяженности автомобильных дорог общего пользования в i -ой зоне разрушений производится на основе имеющихся сведений, при этом положение п. 92 методики [5] не применяется.

5.3 Порядок расчета

Расчет вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии ГТС, выполняется для сценария наиболее тяжелой аварии ГТС, а также для сценария наиболее вероятной аварии ГТС.

Вероятный вред определяется в денежном выражении как сумма двух показателей - социального ущерба и общего ущерба. Размер социального ущерба рассчитывается по формуле, приведенной в пункте 80 Методики [10]. Размер общего ущерба от аварии ГТС рассчитывается по формуле, приведенной в пункте 124 Методики [10]. Составляющие ущерба от аварии ГТС приведены в приложении №2 к Методике [10].

При определении сценариев аварий ГТС и расчете размера вероятного вреда не подлежат рассмотрению аварии ГТС, вызванные непреодолимой силой, если сила и интенсивность такого воздействия превышают значения, на которые рассчитано ГТС, в соответствии со сводом правил СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003». Не подлежат рассмотрению аварии, вызванные умыслом и противоправными действиями потерпевших или других лиц (за исключением владельца ГТС).

Основные этапы расчета размера вероятного вреда от аварий ГТС включают выполнение следующих действий:

идентификация зон аварийного воздействия ГТС в границах субъектов Российской Федерации;

определение основных параметров зон аварийного воздействия ГТС;

районирование зон затопления по степени поражения людей, разрушения промышленных и жилых объектов, транспортных сооружений;

обоснование исключения из расчета вероятного вреда ряда основных составляющих ущерба, не имеющих места в зонах аварийного воздействия ГТС;

определение составляющих величин ущерба, возможных в результате аварий ГТС (социального ущерба, имущественного ущерба и ущерба природной среде).

Выбор метода размера вероятного вреда необходимо производить в зависимости от масштаба прогнозируемых аварий ГТС и их последствий:

- метод детальной оценки, предназначенный для аварий ГТС, порождающих локальные последствия, и использующий данные экспедиционных исследований территории возможной ЧС, вызванной аварией ГТС;

- планшетный метод оценки, предназначенный для аварий ГТС, порождающих местные ЧС, и использующий информацию об отдельных объектах, содержащуюся в геоинформационных базах данных и системах (далее – ГИС) без проведения экспедиционных исследований;

- метод укрупненных показателей, предназначенный для аварий ГТС, порождающих чрезвычайные ситуации в масштабах региона и более, и использующий статистические данные экономического развития регионов и плотности расселения населения в этих регионах без проведения экспедиционных исследований.

По результатам расчетов вероятного ущерба оформляется Расчет вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварий ГТС в соответствии с п. 126-128 Методики [10].

6 Описание и обоснование принятых к расчету сценариев аварий гидротехнического сооружения

Для обоснования сценариев реализации наиболее вероятной и наиболее тяжелой аварии ГТС производится идентификация опасностей ГТС, включающая:

- предварительный анализ опасностей ГТС;
- разработку перечня возможных процессов и событий, приводящих к аварии ГТС;
- формирование перечня основных возможных сценариев аварий ГТС;
- ранжирование основных сценариев возникновения и развития аварий на ГТС по уровню риска для обслуживающего персонала, населения, имущества физических и юридических лиц, природной среды;
- выбор направлений деятельности по анализу риска аварий ГТС.

6.1 Общая характеристика ГТС

Природно-климатические и инженерно-геологические условия района расположения гидротехнических сооружений.

Климат района расположения гидротехнических сооружений шламонакопителя ООО «БЗФ» резко континентальный со значительными годовыми и суточными амплитудами колебаний температуры воздуха, с ясной суровой и малоснежной зимой и сравнительно теплым, с обильными осадками, летом.

Среднегодовая температура воздуха отрицательная $-2,2^{\circ}\text{C}$. Самый холодный месяц январь со средней температурой $-22,6^{\circ}\text{C}$ и минимальной -56°C . Максимальная летняя температура воздуха $+37^{\circ}\text{C}$. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 94 дня.

Для района расположения сооружений характерна неравномерность в распределении осадков в течение года, наибольшее их количество выпадает в летний период и достигает 40% от общего количества осадков за год, средняя величина которых составляет 363 мм.

Ветры обычно не отличаются значительными скоростями, особенно в зимний период. Наибольшие скорости ветра наблюдаются в весенний и осенний периоды. Сильные ветры со скоростью 15 м/с отмечаются в весенний период. Преобладающими являются ветры северо-западного направления. Среднегодовая скорость ветра составляет 1,7 м/с.

Устойчивый снежный покров образуется обычно в третьей декаде октября и удерживается до середины апреля. Максимальная высота снежного покрова достигает 42,0 см. Глубина промерзания грунта составляет 3,5-4,0 м. Протаивание грунтов нередко продолжается до конца августа.

В гидрографическом отношении описываемый район находится на территории среднего Приангарья. Речная сеть относится к бассейну р. Ангары. Река Ангара перекрыта плотиной

Братской ГЭС и образует Братское водохранилище, расположенное в 7,0 км восточнее шламонакопителя.

Река Вихорева является самой крупной рекой, протекающей в непосредственной близости от промышленной площадки ООО «БЗФ». Река является левобережным притоком р. Ангары.

Общая длина реки составляет 296 км, площадь водосбора - 5243 км². Долина реки асимметричная, с крутым и высоким правым и низким пологим левым склонами. В верхнем течении река имеет горный характер, в нижнем - равнинный.

Ширина русла составляет 5-12 м, глубина - 0,5-1,5 м. Река Вихорева очень извилистая, скорость течения, в основном, невысокая (0,1-2,8 м/сек.), берега, большей частью, заболочены. Основная часть стока (70-80%) протекает в летне-осенний период.

Река Вихорева не судоходна. Поверхностный сток смешанный, 46% питания приходится на промышленные и хозяйственно-бытовые стоки. При этом основной объем промышленных стоков приходится на ОАО «Братсккомплексхолдинг». Вследствие сброса указанных стоков нарушены гидродинамический, термический и гидрохимический режимы реки в районе города и ниже. Поэтому на всем протяжении реки, ниже места сброса сточных вод ОАО «Братсккомплексхолдинг», она загрязнена и не является нерестилищем ценных видов рыб.

Ручей Малая Турма, длиной около 10 км, является правым притоком р. Вихоревой. Ручей протекает с юга на север в 1,0-1,4 км восточнее шламонакопителя, далее восточней промышленной площадки ОАО «Русал Братск» и впадает в р. Вихореву на западной окраине п. Чекановский. Шламонакопитель и ОАО «Русал Братск» находятся на водосборной площади р. Малая Турма.

В геоморфологическом отношении район расположения ГТС находится в границах средневысотного плоскогорья Средне-Сибирской (Приангарской) возвышенности на территории Ангаро-Вихоревского водораздела. Общий уклон поверхности имеет место в северном и западном направлениях в сторону р. Вихоревой, урез воды в которой в районе объекта находится на отметке 350 м. В 5 км к северо-западу от шламонакопителя расположена гора Моргудон, занимающая господствующее положение. Вершина горы имеет абсолютную отметку 618 м.

Отметки поверхности, на площади размещения шламонакопителя, изменяются от 426 м - в северо-восточной части участка, до 440 м - в западной. Уклон прилегающей к объекту территории направлен к ручью Малая Турма.

В геолого-структурном отношении район г. Братска приурочен к Ангарскому кряжу, состоящему из пологих складок и слабонаклоненных плато.

Геологический разрез представлен осадочными породами ордовикского и четвертичного возрастов. Для района характерны также интрузии диабазов и долеритов, роговика зоны контактного метаморфизма, относящиеся к формации сибирских траппов.

В целом в геологическом строении района шламонакопителя принимают участие:

- 1) Четвертичные отложения (Q);
- 2) Породы ордовикского возраста (O).

Четвертичные аллювиальные, делювиально-пролювиальные отложения повсеместно перекрывают породы ордовикской системы. Аллювиальные отложения, представленные преимущественно песчаными и дресвяно-щебнистыми грунтами мощностью до 20 м, развиты в долине р. Вихоревой. Делювиальнопролювиальные отложения распространены в районе объекта. Их мощность по разведочным и наблюдательным скважинам составляет от 1,8 до 19 м.

Инженерно-геологическими изысканиями под площадку шламонакопителя установлено, что в основании объекта залегает суглинок мощностью от 5,8 до 12,8 м мягкопластичной и твердой консистенций, участками с прослоями и линзами песка и супеси. Коэффициент фильтрации суглинков, согласно выполненным полевым и лабораторным исследованиям, составил 0,09-0,47 м/сут. Такие значения характеризуют данный слой как слабоводопроницаемый и водопроницаемый.

Ниже суглинка залегают супеси от твердой до пластичной консистенции и пески мелкие пылеватые. В песчаных отложениях встречаются отдельные прослои и линзы суглинка и дресвяного грунта. Коэффициент фильтрации супеси составил 0,10,6 м/сут. (от слабоводопроницаемых до водопроницаемых), песков, в зависимости от гранулометрического состава, - 0,82-3,8 м/сут. (водопроницаемый, сильноводопроницаемый), дресвяного грунта с суглинистым заполнителем - 2,24 м/сут., с супесчаным заполнителем - 8,7 м/сут. (сильноводопроницаемые) (Межгосударственный стандарт. Грунты. Классификация. 1985 г.). Общая мощность делювиально-пролювиальных отложений под шламонакопителем достигает 19 м.

Коэффициент фильтрации техногенного грунта, отобранного на мелководе в северо-западном углу секции №1 за счет выпадения из пульпы наиболее крупных фракций шлама, составил 0,516 м/сут. (водопроницаемый).

Породы ордовикского возраста представлены сверху вниз отложениями братской, мамырской и бадарановской свит.

Братская свита - представлена нижней и средней подсвитами.

Нижняя, средней мощностью 15 м, сложена алевролитами с прослоями мергелей и песчаников, с характерными вкраплениями гравелитовых зерен розового кварца. Средняя - ярко окрашенными пятнистыми трещиноватыми алевролитами мощностью до 272 м. Вскрытая мощность трещиноватых алевролитов в районе объекта составляет 33,5 м. Залегают они на глубинах от 15 до 22 м, непосредственно под четвертичными делювиально-пролювиальными отложениями. Коэффициент фильтрации, определенный методом наливов воды в скважины,

равен 2,3-3,4 м/сут., т.е. алевролиты являются сильно водопроницаемыми.

Мамырская свита - разделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. Нижняя подсвита представлена зеленоватыми алевролитами мощностью до 60 м. Верхняя - состоит из 3 пачек общей мощностью до 40 м, состоящих снизу вверх соответственно из бурых слюдистых кварцевых песчаников, переслаивающихся вишнево-бурых песчаников и слюдистых алевролитов, а также песчаников с подчиненными прослойками алевролитов.

Бадарановская свита - сложена, преимущественно, терригенными отложениями - песчаниками и алевролитами с прослоями известняков.

г. Братск расположен в сейсмическом районе с расчетной сейсмической интенсивностью 6 баллов шкалы MSK-64.

Особенность территории — различное сочетание многокомпонентных динамических криогеосистем (глубокое сезонное промерзание горных пород, преимущественно островная многолетняя мерзлота и различные криогенные проявления). Криолитозона весьма чувствительна к изменению природных условий, особенно к антропогенному воздействию, в результате чего увеличивается мощность сезонно-талого слоя, происходят деградация или уменьшение мощности мерзлой толщи, вытаивание подземных льдов, просадки земной поверхности, активизируется развитие криогенных процессов и явлений.

6.2 Краткая характеристика гидротехнических сооружений

Шламонакопитель ООО «БЗФ» предназначен для складирования отходов (минерального шлама), образующихся при производстве кремния и ферросилиция, и улавливаемых газоочистными установками.

В состав гидротехнических сооружений шламонакопителя входят:

1. Ограждающая дамба;
2. Разделительная дамба;
3. Дренажная система;
4. Система гидротранспорта;
5. Водозаборные сооружения;
6. Система оборотного водоснабжения.

Емкость шламонакопителя образована ограждающей дамбой и разделена на 2 секции разделительной дамбой.

Ограждающая дамба отсыпана из местного суглинистого грунта. Длина ограждающей дамбы составляет 2224 м. Первоначальные проектные отметки гребня ограждающей дамбы I секции - 441,00 м, II секции - 436,50 м. В процессе эксплуатации шламонакопителя, по проекту, разработанному специалистами завода ООО «БЗФ», проведено наращивание ограждающей и разделительной дамб на ~ 1,5 м, что позволило увеличить емкость шламонакопителя до 2050,0

тыс. м³. В настоящее время отметки гребня ограждающей дамбы I секции - 442,00 м, II секции 437,50 м. Максимальная строительная высота ограждающей дамбы -11,5 м.

Ширина гребня ограждающей дамбы переменная - 5,1 - 6,4 м. На восточном и южном участках по гребню проложены пульповоды для гидравлического транспортирования и укладки отходов производства в емкость шламонакопителя. Гребень дамбы укреплен слоями гравийно-песчаной смеси из скального грунта.

Крутизна верхового, низового откоса ограждающей дамбы 1:3. Верховой откос укреплен скальным грунтом $d=0,15$ м толщиной слоя 0,5 м. Низовой откос укреплен слоем гравийно-песчаного грунта слоем 0,35 м.

По дну шламонакопителя и верховым откосам ограждающей дамбы уложен противодиффузионный экран из глины.

Вдоль западного участка ограждающей дамбы устроена водоотводящая канава.

Разделительная дамба отсыпана из уплотненного суглинистого грунта. Длина дамбы составляет 600,0 м, ширина гребня 4,0 м, отметка 442,0 м, уклоны откосов 1:2,5. Гребень и откосы разделительной дамбы укреплены скальным грунтом также, как и ограждающие дамбы.

С 26.09.2019 шлам подается во II секцию, I секция выведена из работы (консервация).

Система гидротранспорта шламонакопителя состоит из пульпонасосной станции и пульповода. В пульпонасосной станции установлены два насоса марки ГРАТ 225-67 (один резервный).

Минеральный шлам консистенцией 1:10 подается в шламонакопитель по одному пульповоду диаметром 219 мм длиной ~ 3,9 км, проложенным по-западному и южному участку ограждающей дамбы. Осветленная вода забирается через водозаборный колодец шандорного типа и по стальному трубопроводу диаметром 219 мм длиной 903,4 м подается на насосную станцию осветленной воды.

Складирование шлама в настоящее время осуществляется только во II секцию. Максимальный уровень заполнения шламонакопителя для первой секции составляет 441,00 м.

Для сброса пульпы в случае аварии на магистральном пульповоде предусмотрена аварийная емкость $V=170$ м³.

Класс ГТС по проекту - III. Класс ГТС по Постановлению Правительства РФ от 02.11.2013 г № 986 «О классификации гидротехнических сооружений» III. Класс опасности складироваемых отходов - пятый.

6.3 Обоснование возможных сценариев возникновения и развития аварий

В соответствии с п.2 раздела II [1] и п. 9 методики [5] расчет размера вреда выполняется для двух сценариев аварии гидротехнического сооружения:

- для наиболее тяжелой по последствиям аварии, сопровождающейся причинением

наибольшего вреда жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц;

- для наиболее вероятной аварии, характеризующейся максимальным значением вероятности и (или) наибольшим значением среднегодового вреда (в качестве меры среднегодового вреда принято произведение среднегодовой частоты возникновения подобной аварии на величину вероятного вреда).

Для гидросооружений шламонакопителя ООО «БЗФ» наибольшую потенциальную опасность представляет гидродинамическая авария, связанная с распространением с большой скоростью воды, создающая угрозу возникновения чрезвычайной ситуации. Гидродинамическая авария начинается с образования пионерного (первоначального) прорана, что может быть вызвано различными видами опасных повреждений и деформаций гидротехнических сооружений и их конструктивных элементов.

Возможными причинами аварийных ситуаций на гидротехнических сооружениях шламонакопителя, приводящими к разрушению ограждающей дамбы, могут являться:

- воздействия природного характера (ливневые дождевые осадки, ветровые волны и т.п.);
- воздействия технического характера (отказы и неполадки оборудования, конструкций и трубопроводов);
- ошибочные действия персонала;
- террористический акт.

Аварии на ГТС шламонакопителя, возникшие в результате противоправных действий третьих лиц (террористического акта), из дальнейшего рассмотрения исключаются в соответствии с положением п. 7 методики [5].

Учитывая вышеизложенное, на шламонакопителе возможны следующие сценарии развития гидродинамической аварии:

- Обрушение низового откоса ограждающей дамбы при потере статической устойчивости сооружения;
- Разрушение ограждающей дамбы из-за потери фильтрационной прочности тела и/или основания;
- Разрушение ограждающей дамбы при переливе воды через ее гребень.

Сценарий 1. Обрушение низового откоса ограждающей дамбы может произойти по следующим причинам:

- не полный учет при проектировании особенностей инженерно-геологических условий площадки шламонакопителя;
- некачественная подготовка его основания в строительный период;
- укладка некондиционных грунтов в тело ограждающей дамбы;

- некачественное уплотнение материала тела ограждающей дамбы;
- превышение уровня воды в шламонакопителе предельно допустимого.

Сценарий 2. Разрушение ограждающей дамбы из-за потери фильтрационной прочности тела и/или основания шламонакопителя может произойти по следующим причинам:

- укладка в тело ограждающей дамбы некондиционного, отличного от проектного грунта, некачественное уплотнение материала;
- плохое уплотнение грунтов ограждающей дамбы и основания;
- ошибки эксплуатации;
- недостаточное количество или отсутствие противофильтрационных диафрагм на коллекторе;
- не качественное выполнение сварных соединений труб в коллекторе;
- плохое уплотнение грунтов дамбы и основания коллектора.

Сценарий 3. Разрушение ограждающей дамбы шламонакопителя при переливе воды через ее гребень может произойти по следующим причинам:

- уменьшение пропускной способности коллектора при обрастании его минеральными отложениями или при закупорке водозаборных сооружений посторонними предметами;
- повреждения водоотводной системы;
- отметка воды в шламонакопителе выше предельно допустимой;
- из-за стихийных бедствий (продолжительных ливней, интенсивного таяния снега и др.), ведущих к переполнению шламонакопителя.

Блок-схема вероятных сценариев возникновения и развития гидродинамической аварии на шламонакопителе приведена на рисунке 6.3.1.

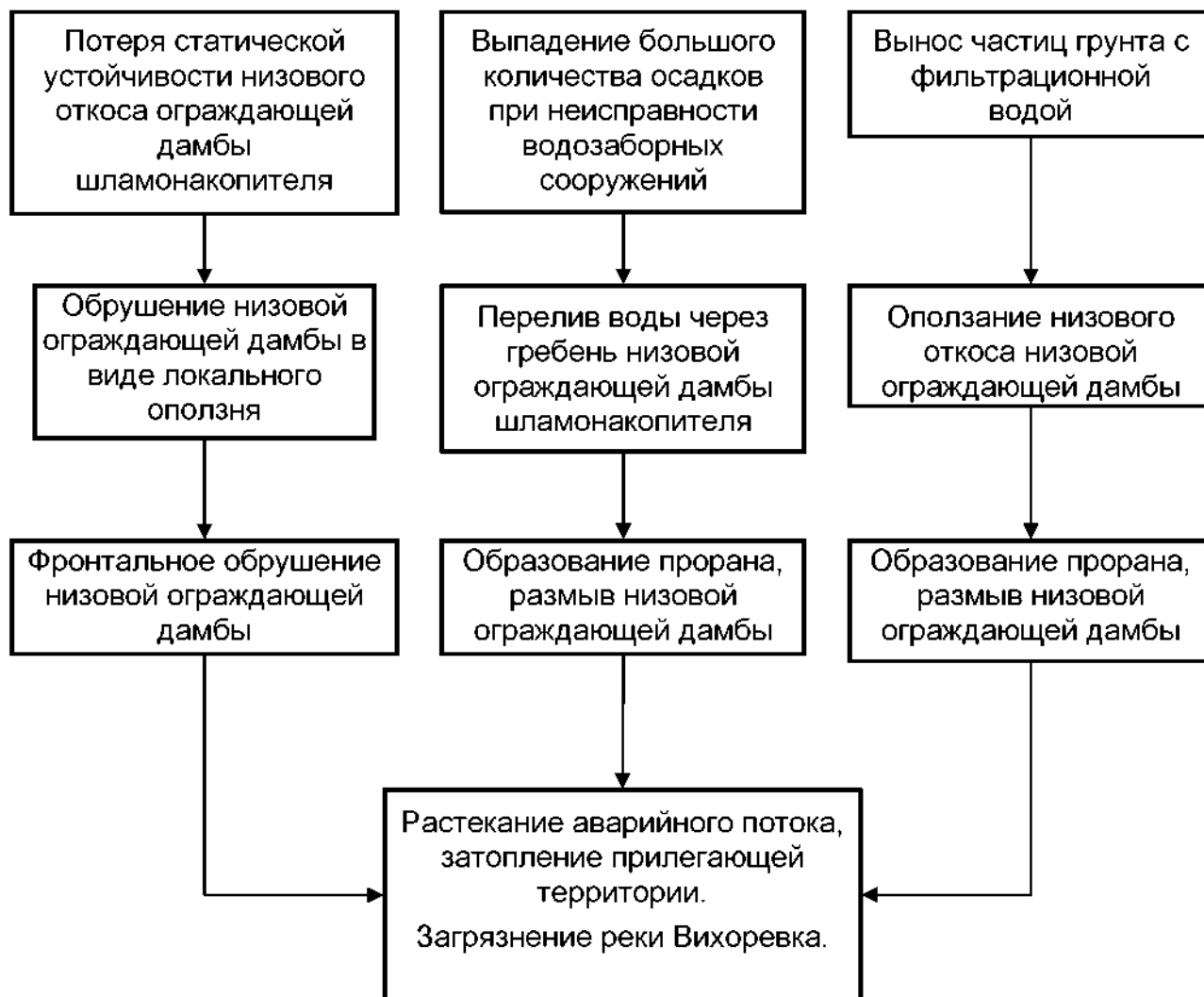


Рисунок 6.3.1. Блок-схема развития гидродинамической аварии в случае разрушения ограждающей дамбы шламонакопителя.

7 Оценка риска аварий ГТС и возникновение возможных чрезвычайных ситуаций

Определим значения среднегодовой вероятности отказа для каждого из возможных сценариев развития гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях шламонакопителя в соответствии с «Методическими указаниями по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений», разработанными ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» в 2005 году.

Если предположить, что каждое из базовых событий (причин аварий) - есть событие независимое и совместное, то вероятности отказов-следствий P_{1i} и головного отказа P_1 в соответствии со сценарием №1 определяются следующими выражениями:

$$P_1 = 1 - (1 - P_{11})(1 - P_{12})(1 - P_{13})(1 - P_{14})(1 - P_{15});$$

$$P_{12} = 1 - (1 - P_{121})(1 - P_{122})(1 - P_{123});$$

$$P_{13} = 1 - (1 - P_{131})(1 - P_{132})(1 - P_{133}).$$

где P_{1ij} - вероятности основных базовых отказов, выделенные на основе изучения и анализа данных об авариях, за счет:

P_{11} - большей, чем по проекту крутизны откосов дамбы;

P_{12} - наличия ослабленных зон в основании дамбы или боковой призмы в результате:

P_{121} - некачественной подготовки основания дамбы;

P_{122} - оттаивания мерзлых грунтов или намывных отложений в основании шламонакопителя или дамбы;

P_{123} - не учета при проектировании ослабленных зон в основании;

P_{13} - наличия ослабленных зон в теле дамбы или боковой призмы в результате:

P_{131} - разуплотнения материала дамбы из-за процесса сезонного промерзания-оттаивания;

P_{132} - некачественного уплотнения материала дамбы;

P_{133} - укладки некондиционных, мерзлых грунтов, снега и льда в тело дамбы.

P_{14} - подъема уровня воды в шламонакопителе выше предельно допустимой отметки;

P_{15} - примыкания отстойного пруда к дамбе.

Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №1, определялись экспертным путем и приведены в таблице 7.1 Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №1.

Таблица №7.1. Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №1.

№ п/п	Базовые события	Значения вероятностей базовых событий, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе, 1/год
1	P ₁₁	0,0005
2	P ₁₂₁	0,0005
3	P ₁₂₂	0
4	P ₁₂₃	0,0001
5	P ₁₃₁	0
6	P ₁₃₂	0,0001
7	P ₁₃₃	0,0001
8	P ₁₄	0,0005
9	P ₁₅	0

Подставляя числовые значения вероятностей базовых отказов на гидротехнических сооружениях шламонакопителя, получим:

$$P_{12} = 1 - (1 - 0,0005)(1 - 0)(1 - 0,0001) = 0,0006 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_{13} = 1 - (1 - 0)(1 - 0,0001)(1 - 0,0001) = 0,0002 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_1 = 1 - (1 - 0,0005)(1 - 0,0006)(1 - 0,0002)(1 - 0,0005)(1 - 0) = 0,0018 \text{ год}^{-1}.$$

Для сценария №2:

$$P_2 = P_{21} + P_{22} - P_{21} \times P_{22}$$

$$P_{22} = 1 - (1 - P_{221})(1 - P_{222})(1 - P_{223})$$

$$P_{221} = 1 - (1 - P_{д1})(1 - P_{д2})(1 - P_{д3})(1 - P_{д4})$$

$$P_{222} = 1 - (1 - P_I)(1 - P_{II})(1 - P_{III})$$

$$P_{223} = 1 - (1 - P_{к1})(1 - P_{к2})(1 - P_{к3})(1 - P_{к4}),$$

где P_{2ij} - вероятности основных базовых отказов за счет:

P₂₁ - примыкания отстойного пруда к дамбе;

P₂₂ - развития фильтрационных деформаций или ослабленных зон в дамбе в результате:

P₂₂₁ - усиления силового воздействия фильтрационного потока, ведущего к увеличению градиентов и скоростей фильтрации, в результате изменения фильтрационного состояния из-за подъема депрессионной поверхности при повреждениях дренажной системы, которые происходят по следующим причинам:

P_{д1} - кольматажа обратного фильтра и дренажа, минеральными отложениями, заиления и пр.;

P_{д2} - разрушения обратного фильтра из-за неравномерных осадок;

P_{д3} - промораживания дренажа;

P_{д4} - разрушения обратного фильтра струями пульпы;

R_{222} - образования ходов сосредоточенной фильтрации или нарушение суффозионной прочности в теле и основании ограждающей дамбы в результате:

R_I - ошибок в определении геофильтрационных свойств при изысканиях;

R_{II} - некачественной укладки и уплотнения грунтов;

R_{III} - повреждения противофильтрационных элементов;

R_{223} - образования фильтрационного хода вдоль коллектора в дамбе из-за:

$R_{к1}$ - размыва при нарушениях герметичности коллектора;

$R_{к2}$ - наличия ослабленных зон возле старых коллекторов;

$R_{к3}$ - неравномерных по длине коллектора осадок;

$R_{к4}$ - отсутствия или не достаточного сопротивления противофильтрационным диафрагм.

Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №2, определялись экспертным путем и приведены в таблице 7.2. Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №2.

Таблица №7.2. Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №2.

№ п/п	Базовые события	Значения вероятностей базовых событий, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе, 1/год
1	R_{21}	0
3	$R_{д1}$	0,0004
4	$R_{д2}$	0
5	$R_{д3}$	0,0001
6	$R_{д4}$	0
7	R_I	0,0001
8	R_{II}	0,0001
9	R_{III}	0,0004
10	$R_{к1}$	0
11	$R_{к2}$	0
12	$R_{к3}$	0
13	$R_{к4}$	0

Подставляя числовые значения вероятностей базовых отказов на гидротехнических сооружениях шламонакопителя, получим:

$$R_{222}=1-(1-0,0005)(1-0,0006)(1-0)=0,0011 \text{ год}^{-1}.$$

$$R_{221}=1-(1-0,0004)(1-0) (1-0,0001)(1-0)=0,0005 \text{ год}^{-1}.$$

$$R_{222}=1-(1-0,0001)(1-0,0001) (1-0,0004)=0,0006 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_{223}=1-(1-0)(1-0) (1-0)(1-0)=0 \text{ год-1.}$$

$$P_2 =0+0,0011- 0 \times 0,0011=0,0011 \text{ год-1.}$$

Для сценария №3:

$$P_3=1-(1-P_{31})(1-P_{32}) (1-P_{33})$$

$$P_{32}=1-(1-P_{321}) (1-P_{322}) (1-P_{323})(1-P_{324})$$

$$P_{324}=1-(1-P_I)(1-P_{II})(1-P_{III})(1-P_{IV})$$

$$P_I = 1-(1-P_{I1})(1- P_{I2})$$

$$P_{II}=1-(1-P_{II1})(1- P_{II2}) (1- P_{II3})$$

$$P_{33}=1-(1-P_{231})(1-P_{232}),$$

где P_{3ij} - вероятности основных базовых отказов, выделенные на основе изучения и анализа данных об авариях, за счет:

P_{31} - примыкания отстойного пруда к дамбе;

P_{32} - переполнения емкости шламонакопителя и невозможности сброса избытков воды за его пределы при оборотной системе (и отсутствии резервной емкости) в результате:

P_{321} - подъема уровня воды в шламонакопителе выше предельно допустимой отметки;

P_{322} - дополнительного поступления промышленных стоков;

P_{323} - стихийных бедствий (продолжительных ливней, сильного ветра и др.);

P_{324} - уменьшение пропускной способности водоотводящей системы в результате:

P_I - повреждения водозаборного колодца при:

P_I^1 - закупорке водозаборного колодца посторонними предметами (бревнами, льдом и т.п.);

P_I^2 - потере его устойчивости под действием ледовой и ветровой нагрузки в весенний период;

P_{II} - повреждения коллектора при:

P_{II}^1 - дефектах сварных соединений;

P_{II}^2 - неравномерных по длине осадках;

P_{II}^3 - обрастании коллектора минеральными отложениями;

P_{III} - повреждения дренажной системы;

P_{IV} -отказа оборудования насосной станции;

P_{33} - того, что отметка гребня ограждающей дамбы ниже проектной в результате:

P_{331} - плохого уплотнения материала ограждающей дамбы при ее строительстве,

P_{332} - последующих осадок.

Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №3, определялись экспертным путем и приведены в

таблице 7.3 Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №3.

Таблица №7.3. Значения вероятностей базовых отказов, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе по сценарию №3.

№ п/п	Базовые события	Значения вероятностей базовых событий, приводящих к возникновению и развитию аварии на шламонакопителе, 1/год
1	P_{31}	0
2	P_{321}	0,0005
3	P_{322}	0,0001
4	P_{323}	0,0005
5	P_{I1}	0,0005
6	P_{I2}	0,0001
7	P_{II1}	0,0001
8	P_{II2}	0,0001
9	P_{II3}	0,0001
10	P_{III}	0
11	P_{IV}	0,0001
12	P_{331}	0,0001
13	P_{332}	0,0001

Подставляя числовые значения вероятностей базовых отказов на гидротехнических сооружениях шламонакопителя, получим:

$$P_{32}=1-(1-0)(1-0,0005)(1-0,0001)(1-0,0005)=0,0021 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_{324}=1-(1-0,0006)(1-0,0003)(1-0,0001)(1-0,0001)=0,001 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_I=1-(1-0,0005)(1-0,0001)=0,0006 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_{II}=1-(1-0,0001)(1-0,0001)(1-0,0001)=0,0003 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_{33}=1-(1-0,00075)(1-0,00075)=0,002 \text{ год}^{-1}.$$

$$P_3=1-(1-0)(1-0,0021)(1-0,002)=0,0023 \text{ год}^{-1}.$$

В ходе оценки вероятности возникновения гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях шламонакопителя ООО «БЗФ» установлено, что:

- вероятность разрушения ограждающей дамбы из-за потери статической устойчивости сооружения составляет $1,8 \times 10^{-3}$ год⁻¹;

- вероятность разрушения ограждающей дамбы из-за потери фильтрационной прочности тела и/или основания составляет $1,1 \times 10^{-3}$ год⁻¹;

- вероятность разрушения ограждающей дамбы из-за перелива воды через гребень составляет $2,3 \times 10^{-3}$ год⁻¹.

В соответствии с проведенным расчетом наиболее вероятным сценарием гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях шламонакопителя является случай перелива воды через гребень ограждающей дамбы, вызванный выпадением большого количества осадков и выходом из строя водозаборных сооружений.

К наиболее тяжелым последствиям приведет авария, связанная также с переливом воды через гребень ограждающей дамбы, так как в этом случае в накопителе будет аккумулирован наибольший объем воды, а на ограждающую дамбу будет действовать максимальный напор.

Поражающим фактором при гидродинамической аварии является обрушающая сила грязевого потока (смеси осветленной воды и шламов), определяемая его глубиной, шириной фронта волны, скоростью продвижения потока. Расчётами установлено, что максимальное значение расхода аварийного стока в проране при повреждении ограждающей дамбы шламонакопителя составит 223,83 м³/с, максимальное значение скорости течения будет достигать 4,42 м/с при глубине потока 3,09 м и прорана 5,60 м, а максимальная ширина прорана достигнет 30,55 м.

Время добегания первой волны прорыва до створа у корпусов завода составит 12 минут, а время добегания максимальной волны составит 25 мин. Средняя глубина потока на территории завода, оказавшейся в зоне воздействия волны прорыва составит 0,25 м.

Полотно автомобильной дороги обеспечит аккумуляцию основного объёма аварийного стока, хотя само полотно дороги затопливается на протяжении 50 м.

Водопропускное сооружение в насыпи железной дороги обеспечит пропуск аварийного потока и исключит подтопление населенных пунктов (п. Чекановский и дачных участков), расположенных вдоль реки Вихорева.

Расчет зоны затопления в случае гидродинамической аварии на шламонакопителе приведен в приложении 4.

Границы зон затопления в случае возникновения гидродинамической аварии на шламонакопителе приведены в приложении 5.

В результате гидродинамической аварии на шламонакопителе:

- из накопителя вытечет 494560,38 м³ осветленной воды и неконсолидированных шламов;
- общая площадь затопления составит 633164,09 м²;
- произойдет загрязнение реки Вихорева, а также прилегающей к накопителю территории отходами V класса опасности;
- погибшие и пострадавшие не прогнозируются.

8 Расчет размера вероятного вреда в результате возникновения гидродинамической аварии на шламонакопителе

Наиболее вероятным и, одновременно, наиболее тяжелым по последствиям сценарием гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях шламонакопителя является случай перелива воды через гребень ограждающей дамбы, вызванный выпадением большого количества осадков и выходом из строя водозаборных сооружений.

Общий реальный ущерб при развитии данной гидродинамической аварии на ГТС в соответствии с [5] определяется как сумма:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11} + I_{12},$$

где:

I_1 - ущерб производственным фондам;

I_2 - ущерб готовой продукции предприятий;

I_3 - ущерб элементам транспорта и связи;

I_4 - ущерб жилому фонду и имуществу граждан;

I_5 - расходы на ликвидацию последствий аварии на территории населённых пунктов и промышленных объектов;

I_6 - ущерб сельскохозяйственному производству;

I_7 - ущерб лесному фонду от потери леса как сырья;

I_8 - ущерб, вызванный нарушением водоснабжения;

I_9 - ущерб объектам водного транспорта;

I_{10} - ущерб рыбному хозяйству;

I_{11} - ущерб природной среде;

I_{12} - прочие виды ущерба.

Величина социального ущерба в денежном выражении определяется путем суммирования полученных значений денежного выражения социального ущерба персоналу ГТС, населению постоянного проживания и населению временного нахождения:

$$I_{\text{соц}} = I_{\text{л1}} + I_{\text{л2}} + I_{\text{л3}},$$

где:

$I_{\text{л1}}$ - социальный ущерб персоналу ГТС, попадающему в зону затопления при аварии ГТС;

$I_{\text{л2}}$ - социальный ущерб населению постоянного проживания, попадающему в зону затопления при аварии ГТС;

$I_{\text{л3}}$ - социальный ущерб населению временного нахождения, попадающему в зону затопления при аварии ГТС.

Социальный ущерб $I_{\text{л1}}$ персоналу ГТС, попадающему в зону затопления при аварии ГТС, рассчитывается по формуле:

$$Ил_1 = C_{св \ б/возвр} \cdot N_{л11} + K_i \cdot C_{св \ возвр} \cdot N_{л12},$$

где:

$N_{л11}$ - число погибших среди персонала ГТС;

$N_{л12}$ - число пострадавших среди персонала ГТС;

K_i - степень вреда, причиненного здоровью пострадавших людей в зоне катастрофических разрушений - 0,9.

$C_{св \ б/возвр}$ - предельный размер страховой выплаты в части возмещения вреда лицам, понесшим ущерб в результате смерти человека, погибшего при аварии ГТС, в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 27 июля 2010 г. N 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте" - 2,025 млн. руб. (25 тысяч рублей - в счет возмещения расходов на погребение каждого потерпевшего, 2,0 млн.руб. - в части возмещения вреда, причиненного жизни каждого потерпевшего).

$C_{св \ возвр}$ - предельный размер страховой выплаты в части возмещения вреда, причиненного здоровью каждого пострадавшего в результате аварии ГТС, в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 27 июля 2010 г. N 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте" - 2 млн. руб.

Число погибших и пострадавших среди персонала ГТС определяются по формулам:

$$N_{л11} = 0,6 \cdot 0,4 \cdot N_{раб.ГТС};$$

$$N_{л12} = 0,6 \cdot 0,6 \cdot N_{раб.ГТС},$$

где:

$N_{раб.ГТС}$ - численность персонала ГТС, попадающего в зону катастрофических разрушений (с глубиной более 3 м).

В зону затопления объекты с персоналом ГТС не попадают.

Соответственно:

$$Ил_1 = 0.$$

Социальный ущерб населению постоянного проживания, попадающему в зону затопления при аварии ГТС рассчитывается по формуле:

$$Ил_2 = C_{св \ б/возвр} \cdot N_{л21} + \Sigma(K_i \cdot C_{св \ возвр} \cdot N_{л22i}),$$

где:

$N_{л21}$ - число погибших в результате аварии ГТС среди населения постоянного проживания;

$N_{л22i}$ - число пострадавших среди населения постоянного проживания в i -ой зоне разрушений.

Степень вреда, причиненного здоровью пострадавших людей, принимается равной степени разрушений жилого фонда и имущества граждан:

в зоне катастрофических разрушений $K1 = 0,9$;

в зоне сильных разрушений $K2 = 0,7$;

в зоне средних разрушений $K3 = 0,3$;

в зоне слабых разрушений $K4 = 0,1$.

В зоне затопления в результате гидродинамической аварии населенные пункты с проживающим в них населением отсутствуют. Следовательно, $Ил2 = 0$.

Социальный ущерб населению временного нахождения, попадающему в зону затопления при аварии ГТС рассчитывается по формуле:

$$Ил3 = C_{св б/возвр} \cdot N_{л31} + \sum(K_i \cdot C_{св возвр} \cdot N_{л32i}),$$

где:

$N_{л31}$ - число погибших в результате аварии ГТС среди населения временного нахождения;

$N_{л32i}$ - число пострадавших среди населения временного нахождения в i -ой зоне разрушений.

Учитывая положения п. 74 методики [5] и отсутствие данных о численности населения временного нахождения на территории аварийного воздействия ГТС, значения $N_{л31}$ и $N_{л32}$ принимаются равными нулю.

Следовательно, $Илз = 0$.

$Исоц = 0+0+0=0$ руб.

В зоне затопления отсутствуют предприятия. В связи с этим ущерб производственным фондам $И1 = 0$, и ущерб готовой продукции предприятий $И2 = 0$.

Ущерб элементам транспорта и связи определяем по формуле:

$$Из = Изфон \times (L_1 \times K_1 + L_2 \times K_2 + L_3 \times K_3),$$

где:

$Из$ - ущерб элементам транспорта и связи;

$Изфон$ - общая стоимость основных фондов элементов транспорта и связи в субъекте Российской Федерации, отнесенная к единице длины автодорог;

L_1 ; L_2 ; L_3 - протяженность автодорог соответственно в зонах сильных, средних и слабых разрушений;

Степень разрушения (утраты остаточной балансовой стоимости) по зонам принимается следующей:

зона сильных разрушений - $K1 = 0,8$;

зона средних разрушений - $K2 = 0,4$;

зона слабых разрушений - $K3 = 0,1$.

$$I_{з(фон)} = \frac{D_1}{L},$$

где

D_1 - общая балансовая стоимость элементов транспорта и связи Иркутской области (526533 млн. руб. в соответствии с [9]);

L - протяженность автомобильных дорог в Иркутской области (23218 км. в соответствии с [9]).

$$I_{зфон} = 526533/23218 = 22,678 \text{ млн. руб./км.}$$

При гидродинамической аварии на шламонакопителе в зону средних разрушений ($K_2=0,4$) попадет участок автомобильной дороги протяженностью 50 м, следовательно:

$$I_3 = 22,678 \times 0,05 \times 0,4 = 0,454 \text{ млн. руб.}$$

Ущерб жилому фонду и имуществу граждан определяется по формуле:

$$I_4 = S_{жил} \cdot (C_{пр} + C_{вр})/2 \cdot \left[k_{сел} \sum (N_{исел} \cdot K_i) + k_{гор} \sum (M_{игор} \cdot K_i) \right]$$

где:

$S_{жил}$ - общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя субъекта Российской Федерации - 23 м²;

$C_{пр}$ - средние цены на первичном рынке жилья (за 1 квадратный метр общей площади жилого помещения) в Иркутской области;

$C_{вр}$ - средние цены на вторичном рынке жилья (за 1 квадратный метр общей площади жилого помещения) в Иркутской области;

$k_{сел}$ - коэффициент, учитывающий стоимость имущества одного сельского жителя (принимается $k_{сел} = 1,25$);

$k_{гор}$ - коэффициент, учитывающий стоимость имущества одного городского жителя (принимается $k_{гор} = 1,5$);

$N_{исел}$ - количество сельских жителей, проживающих в i -ой зоне разрушений жилого фонда - 0 чел;

$M_{игор}$ - количество городских жителей, проживающих в i -ой зоне разрушений жилого фонда - 0 чел;

Степень разрушения жилого фонда и имущества граждан:

в зоне сильных разрушений $K_1 = 0,7$;

в зоне средних разрушений $K_2 = 0,3$;

в зоне слабых разрушений $K_3 = 0,1$.

В зоне затопления отсутствуют населенные пункты и население не проживает, следовательно, $I_4 = 0$.

Расходы на ликвидацию последствий аварии определяются в размере 20% от суммы

имущественного ущерба на территории населенных пунктов и промышленных объектов:

$$И_5 = 0,2 \cdot (И_1 + И_2 + И_3 + И_4).$$

$$И_5 = 0,2 \cdot (0 + 0 + 0,454 + 0) = 0,091 \text{ млн. руб.}$$

В зоне затопления отсутствует сельскохозяйственное производство, лесной фонд, водозаборы и водный транспорт. Следовательно, $И_6 = 0$, $И_7 = 0$, $И_8 = 0$, $И_9 = 0$.

Ущерб рыбному хозяйству $И_{10}$, в соответствии с п. 103 Методики, определяется при условии ведения на водохранилище рыбного промысла. В результате аварии на шламонакопителе загрязнения водохранилища не происходит. Ущерб рыбному хозяйству отсутствует.

$$И_{10} = 0 \text{ руб.}$$

Ущерб природной среде $И_{11}$ в результате аварии ГТС рассчитывается по формуле:

$$И_{11} = И_{лес} + И_{вод},$$

где:

$И_{лес}$ - ущерб от затопления лесов;

$И_{вод}$ - ущерб от сброса загрязняющих веществ в природные воды.

В зоне затопления отсутствуют леса $И_{лес} = 0$;

Ущерб от сброса опасных веществ в результате аварии ГТС определяется как сумма ущерба по компонентам природной среды:

$$И_{вод} = И_{в} + И_{п} + И_{г},$$

где:

$И_{в}$ - ущерб, нанесенный поверхностным водам (водотокам, водоемам);

$И_{п}$ - ущерб, нанесенный почвам, земле, недрам;

$И_{г}$ - ущерб, нанесенный подземным (в том числе грунтовым) водам;

$И_{об}$ - ущерб, нанесенный природным и природно-антропогенным объектам, растительному, животному миру и иным организмам, прочим компонентам природной среды.

В связи с изменениями федерального законодательства об охране окружающей среды и вступлением в силу постановлений Правительства Российской Федерации от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» и от 03.03.2017 № 255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» ущерб, нанесенный поверхностным водам ($И_{в}$) и подземным водам ($И_{г}$), определяем по формуле:

$$И_{в} (И_{г}) = \sum M_{срi} \times H_{пл1} \times K_{от} \times K_{ср},$$

где:

$M_{срi}$ - масса сброса i -го загрязняющего вещества в природные воды, тонна (куб.м);

$H_{пл1}$ - ставка платы за выброс или сброс i -го загрязняющего вещества в соответствии с

постановлением Правительства Российской Федерации от 13.09.2016 № 913, рублей/тонна (рублей/куб.м);

$K_{от}$ - дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2;

$K_{ср}$ - коэффициент к ставкам платы за выброс или сброс соответствующего i -го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, разрешениями на сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, равный 25.

Объем загрязняющих веществ, поступивших в реку Вихорева, составляет 494560,38 м³;

Расчет суммы выплат за ущерб от сброса загрязняющих веществ в поверхностные воды приведен в таблице 8.1.

Таблица 8.1.

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Концентрация вещества, мг/л	Норматив платы за 1 тонну загрязняющего вещества, руб.	Сумма выплаты за 1 м ³
1	Сульфаты	593	6	0,004
2	Аммиак	4,3	4711,7	0,063
3	Железо	35	5950,8	0,208
4	Магний	104	14,9	0,002
5	Калий	360	16,6	0,006
6	Натрий	430	6,7	0,003
Z				0,286

$$Ив = 25 \times 494560,38 \times 0,286 \times 2 = 7,07 \text{ млн. руб.}$$

Учитывая глубину залегания грунтовых вод (3,0-10,0 м), тип грунтов, слагающих участок нижнего бьефа, подверженного затоплению, коэффициент фильтрации грунтов верхнего слоя ($Kф = 0,01$ м/сут) и продолжительность гидродинамической аварии (5 час.), поступление загрязняющих веществ в грунтовые воды не ожидается. Следовательно, $Иг = 0$ руб.

Ущерб, нанесенный почвам в результате несанкционированного размещения отходов, определяется по формуле:

$$И_{п} = \sum M_{срi} \times C \times K_{от} \times K_{ср},$$

где:

$M_{срi}$ - фактическая масса отхода i -го класса опасности, т;

C - базовый норматив платы за размещение 1 т отхода IV класса опасности (663,2 руб./т в соответствии с постановлением Правительства РФ от 13.09.16 г. № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах»).

Объем вынесенных неконсолидированных отходов из накопителя определим в соответствии с приложением 6 по формуле:

$$V = \frac{2}{3} h \times 3,14 \times \frac{b^2}{8}$$

b - ширина размыва - 30,55 м;

h - глубина размыва - 5,6 м;

$$V = \frac{2}{3} \times 5,6 \times 3,14 \times \frac{30,55^2}{8} = 1368 \text{ м}^3$$

Учитывая среднюю плотность отходов ($\rho=1,6 \text{ т/м}^3$), масса неконсолидированных отходов, вынесенных из накопителя, составит: $M_T = 1,6 \times 1368 = 2188 \text{ т}$.

$$I_{\text{П}} = 25 \times 2188 \times 2 \times 663,2 = 72,55 \text{ млн.руб.}$$

$$I_{\text{вод}} = 7,07 + 72,55 + 0 = 79,62 \text{ млн.руб.}$$

$$I_{11} = 0 + 79,62 = 79,62 \text{ млн.руб.}$$

Прочие виды ущерба принимаем в размере 10% от суммы имущественного ущерба и ущерба природной среде:

$$I_{12} = 0,1 \cdot (I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11}) = 0,1 \cdot (0 + 0 + 0,454 + 0 + 0,091 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 79,62) = 8,02 \text{ млн. руб.}$$

Итого, общий реальный ущерб от гидродинамической аварии на шламонакопителе будет составлять:

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10} + I_{11} + I_{12} = 0 + 0 + 0,454 + 0 + 0,091 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 79,62 + 8,02 = 88,19 \text{ млн. руб.}$$

Показатели социально-экономических последствий аварии ГТС.

Таблица 8.2.

Составляющая ущерба от аварий ГТС:	Ущерб, млн.руб.
Ущерб производственным фондам	0
Ущерб готовой продукции предприятий	0
Ущерб элементам транспорта и связи	0,454
Ущерб жилому фонду и имуществу граждан	0
Расходы на ликвидацию последствий аварии	0,091
Ущерб сельскохозяйственному производству	0
Ущерб лесному фонду от потери леса как сырья	0
Ущерб, вызванный нарушением водоснабжения	0
Ущерб объектам водного транспорта	0
Ущерб рыбному хозяйству	0
Ущерб природной среде	79,62
Прочие виды ущерба	8,02
Общий ущерб	88,19
Социальный ущерб	0
Итоговый ущерб	88,19

9 Выводы

Наиболее вероятным и, одновременно, наиболее тяжелым сценарием развития гидродинамической аварии является случай разрушения ограждающей дамбы шламонакопителя в результате перелива воды через ее гребень из-за выпадения катастрофического количества осадков и выхода из строя водозаборных сооружений. Разрушение участка ограждающей дамбы шламонакопителя сопровождается образованием прорана и истечением загрязняющих веществ.

Вероятность возникновения наиболее тяжелой и наиболее вероятной гидродинамической аварии составляет $2,30 \times 10^{-3}$ 1/год.

Максимальная расчетная вероятность возникновения гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях шламонакопителя ($2,30 \times 10^{-3}$ 1/год) не превышает предельно допустимую ($P = 2,5 \times 10^{-3}$ год⁻¹) для напорных гидросооружений III класса в соответствии с требованиями СП 58.13330.2012 «Гидротехнические сооружения. Основные положения» (Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003). Следовательно, риск возникновения гидродинамической аварии на гидросооружениях шламонакопителя соответствует допустимому уровню.

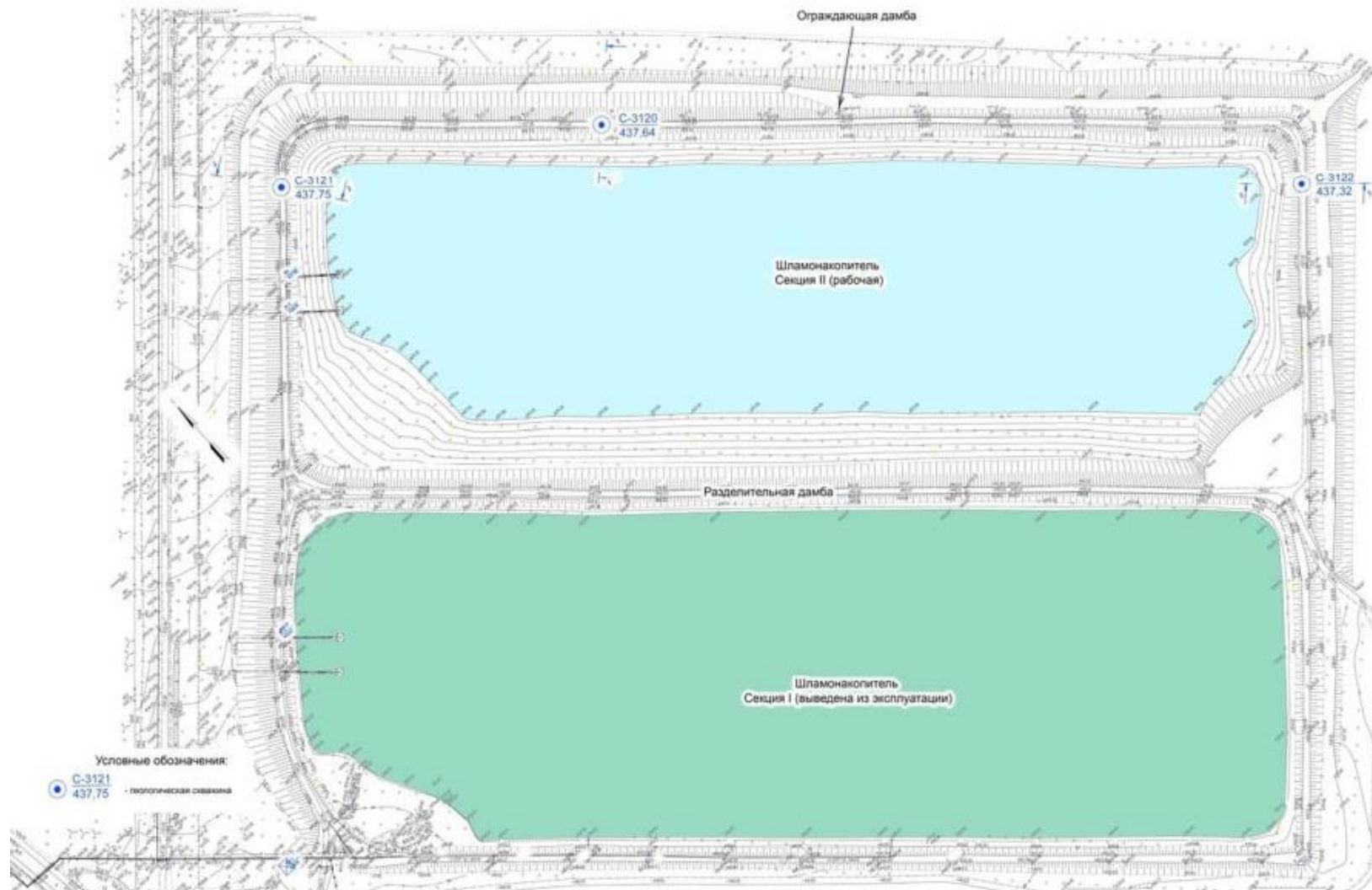
В результате возникновения наиболее вероятной и, одновременно, наиболее тяжелой по последствиям гидродинамической аварии на гидросооружениях шламонакопителя ООО «БЗФ», причиненный юридическим и физическим лицам, составит 88,19 млн. руб.

В результате возникновения наиболее вероятной и, одновременно, наиболее тяжелой по последствиям гидродинамической аварии на гидросооружениях шламонакопителя ООО «БЗФ» погибшие и пострадавшие не прогнозируются.

На основании «Положения о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (постановление Правительства РФ от 21.05.2007г. №304) наиболее вероятная и наиболее тяжелая по последствиям гидродинамические аварии на гидротехнических сооружениях шламонакопителя по материальному ущербу относятся к чрезвычайным ситуациям регионального характера.

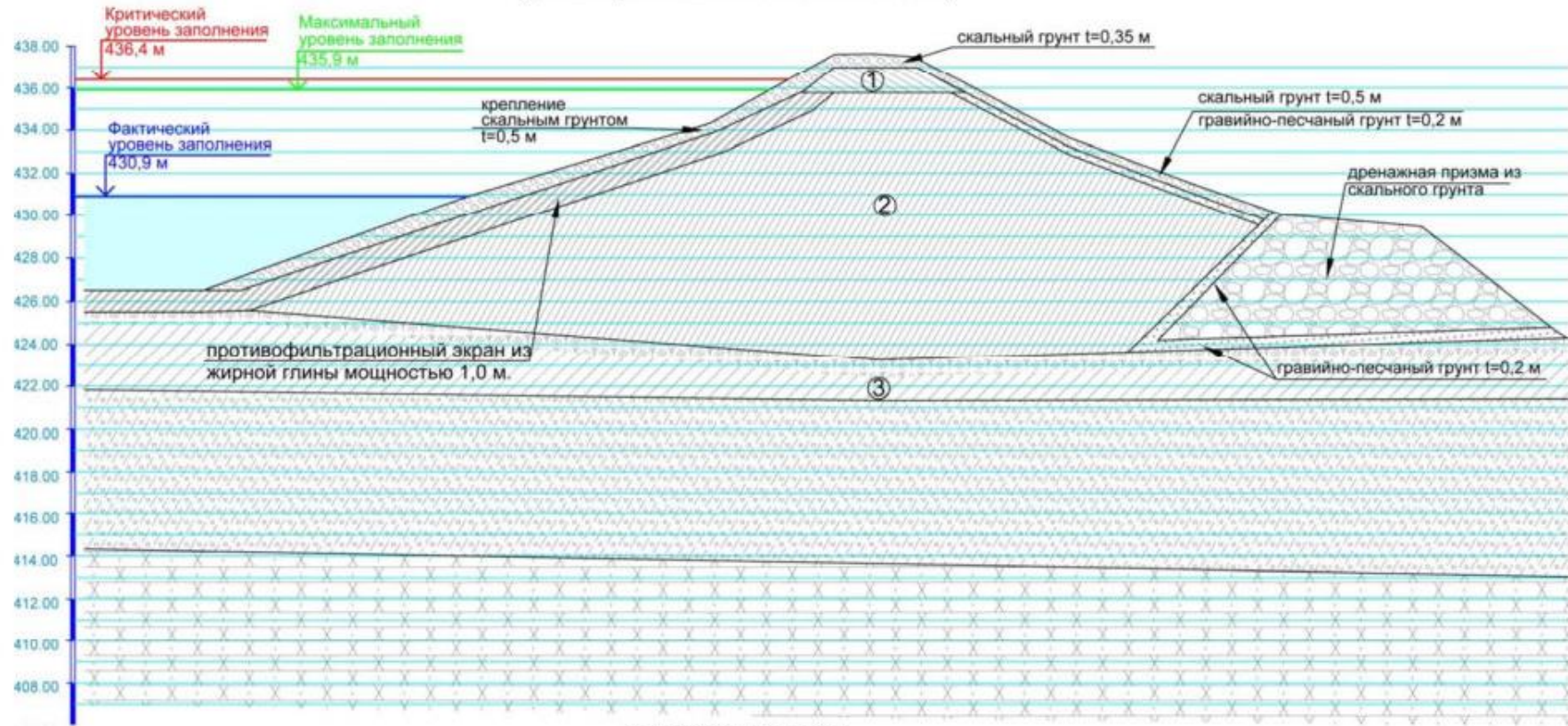
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. План-схема ГТС шламонакопителя с указанием положения поперечных сечений



Приложение 2. Поперечные сечения ограждающей дамбы шламонакопителя

Поперечное сечение 1-1 ограждающей дамбы шламонакопителя с указанием геологического строения тела и основания (участок расположения скважины № 3120)



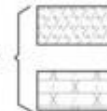
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Результаты инженерно-геологических исследований, выполненных в 2018 году ООО "Бризи"



- ИГЭ-1 - насыпной грунт представлен щебенистым грунтом диабаз с песчаным заполнителем до 5%.
- ИГЭ-2 - насыпной грунт представлен суглинком твердой и полутвердой консистенции с прослойки глины.
- ИГЭ-3 - суглинок тяжелый твердый песчаный желто-коричневого цвета
- ИГЭ-4 - суглинок легкий мягкопластичный пылеватый бурого цвета

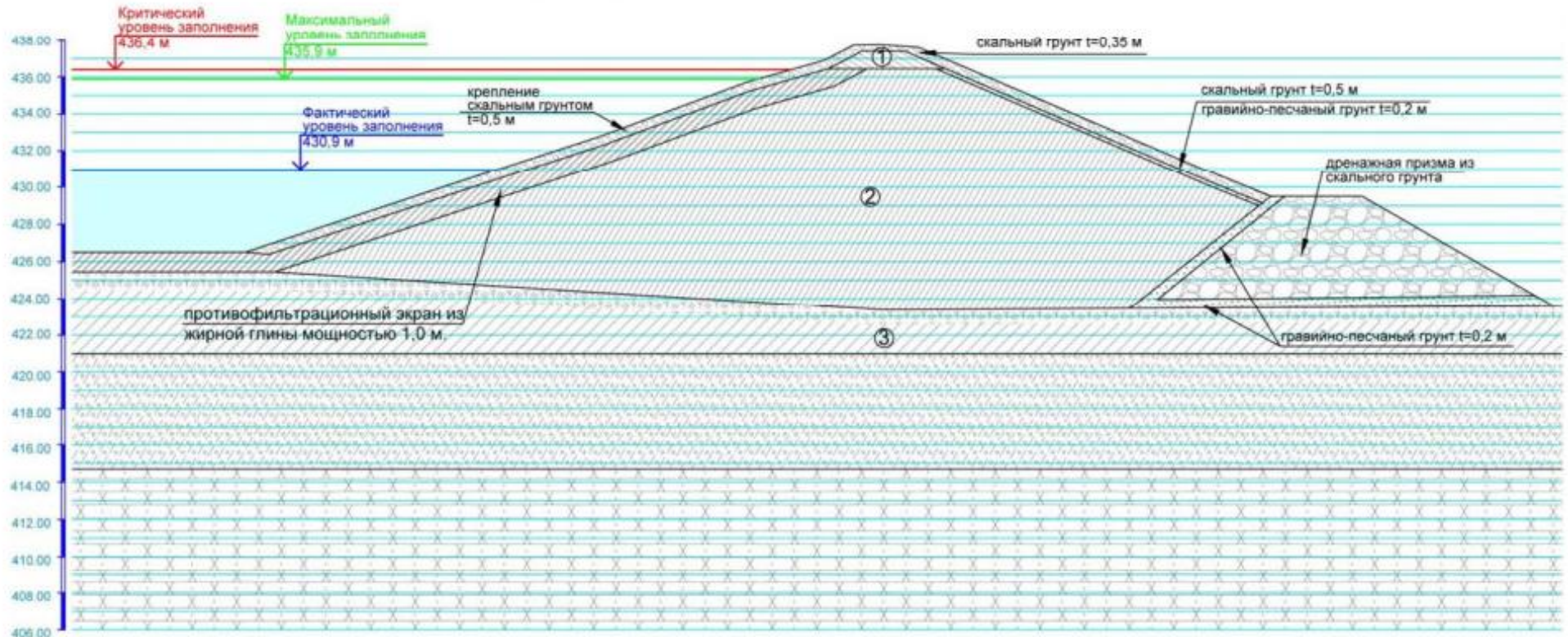
Результаты инженерно-геологических исследований, выполненных в 1985 году трестом "ВостоксибТасиз"



- (Q) - четвертичные отложения - суглинки мягко-пластичной и твердой консистенций, участками с прослойками и линзами песка и супеси
- (O) - породы ордовикского возраста (O2-3br2) - ярко окрашенные лентистые трещиноватые алевролиты.

Приложение 2. Продолжение

Поперечное сечение 2-2 ограждающей дамбы шламонакопителя с указанием геологического строения тела и основания (участок расположения скважины № 3122)



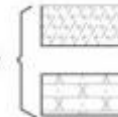
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Результаты инженерно-геологических исследований, выполненных в 2018 году ООО "Бригиз"



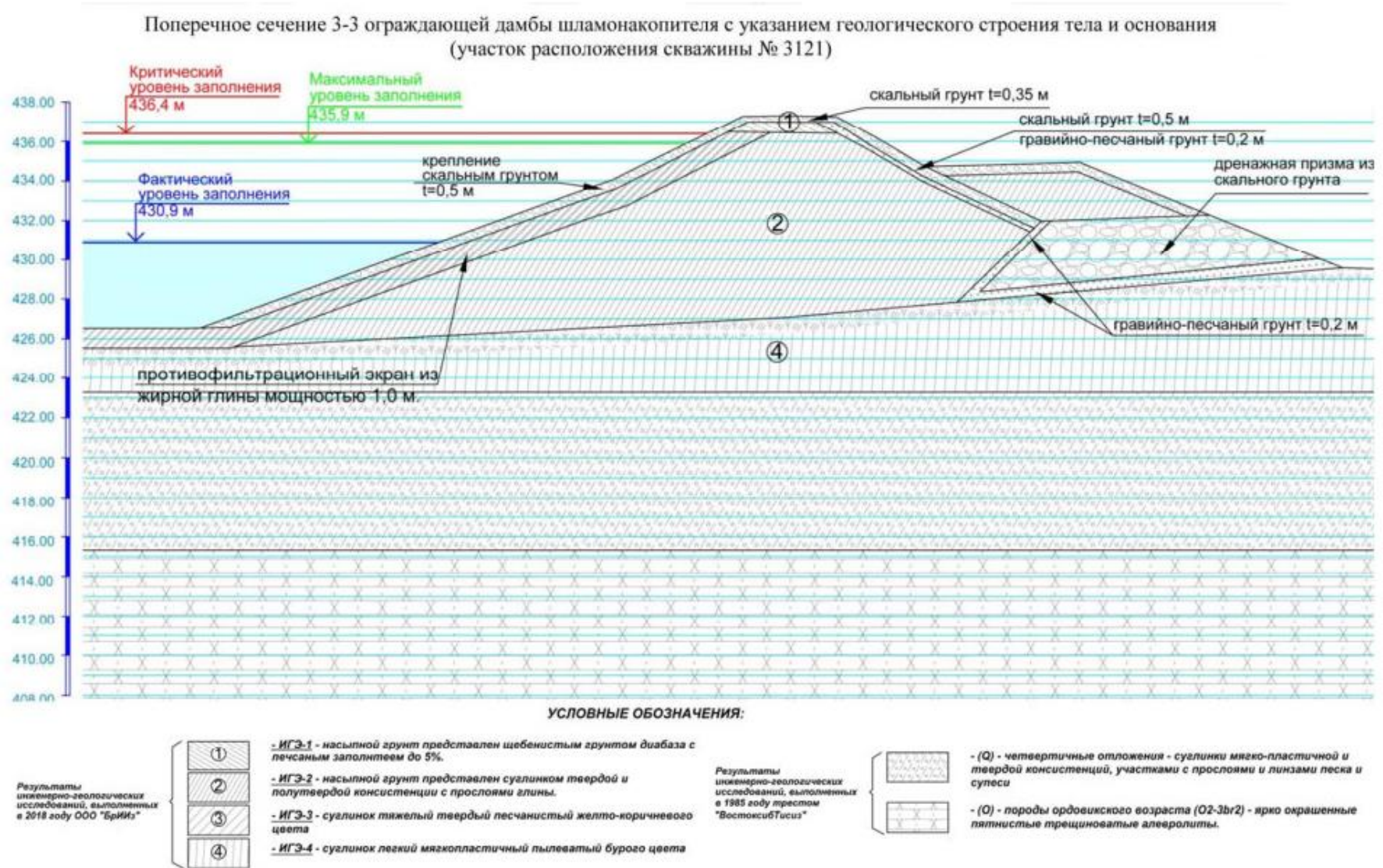
- ИГЭ-1 - насыпной грунт представлен щебенистым грунтом диабаз с печасным заполнителем до 5%.
- ИГЭ-2 - насыпной грунт представлен суглинком твердой и полутвердой консистенции с прослоями глины.
- ИГЭ-3 - суглинок тяжелый твердый песчанистый желто-коричневого цвета
- ИГЭ-4 - суглинок легкий мягкопластичный пылеватый бурого цвета

Результаты инженерно-геологических исследований, выполненных в 1985 году трестом "ВостоксибТусиз"



- (Q) - четвертичные отложения - суглинки мягко-пластичной и твердой консистенций, участками с прослоями и линзами песка и супеси
- (O) - породы ордовикского возраста (O2-3br2) - ярко окрашенные пятнистые трещиноватые алевролиты.

Приложение 2. Продолжение



Приложение 3. Сценарии гидродинамической аварии на гидротехнических сооружениях шламонакопителя

Номер сценария	Описание сценария	Причины возникновения аварии
1	Обрушение низового откоса ограждающей дамбы шламонакопителя при потере статической устойчивости сооружения.	<ul style="list-style-type: none"> - не полный учет при проектировании особенностей инженерно-геологических условий площадки шламонакопителя, а также некачественная подготовка его основания в строительный период; - укладка некондиционных грунтов в тело ограждающей дамбы; - некачественное уплотнение материала тела ограждающей дамбы; - превышение уровня воды в шламонакопителе предельно допустимого.
2	Разрушение ограждающей дамбы шламонакопителя из-за потери фильтрационной прочности тела и/или основания.	<ul style="list-style-type: none"> - укладка в тело ограждающей дамбы некондиционного, отличного от проектного грунта, некачественное уплотнение материала; - плохое уплотнение грунтов ограждающей дамбы и основания; - ошибки эксплуатации - недостаточное количество или отсутствие противофильтрационных диафрагм на коллекторе; - не качественное выполнение сварных соединений труб в коллекторе; - плохое уплотнение грунтов дамбы и основания коллектора.
3	Разрушение ограждающей дамбы	- уменьшение пропускной способности коллектора при обрастании его
	шламонакопителя при переливе воды через ее гребень.	<ul style="list-style-type: none"> минеральными отложениями или при закупорке водозаборных сооружений посторонними предметами; - повреждения водоотводной системы; - отметка воды в шламонакопителе выше предельно допустимой; - из-за стихийных бедствий (продолжительных ливней, интенсивного таяния снега и др.), ведущих к переполнению шламонакопителя.

Приложение 4. Расчет размыва ограждающей дамбы шламонакопителя ООО «БЗФ» и расчет зоны затопления

Расчет размыва ограждающей дамбы шламонакопителя проводится согласно "Методическим рекомендациям по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов", утвержденным Постановлением Госгортехнадзора России № 51 от 05.06.2003 г.

Расчет проводится при начальной ширине и глубине прорана равной 1.0x0.5 м.

Таблица № 1. Результаты расчета размыва

Время	Ширина прорана м	Глубина прорана м	Отметка дна прорана м	Напор в проране м	Скорость в проране м/с	Расход в проране м ³ /с	Вытекший объем м ³	Объем хранилища м ³
0: 1: 0	1.010	0.503	436.997	0.333	1.454	0.486	29.13	999062.60
0:10: 0	1.106	0.527	436.973	0.347	1.484	0.565	314.50	998777.23
0:19: 0	1.210	0.553	436.947	0.362	1.515	0.658	646.88	998444.85
0:28: 0	1.324	0.582	436.918	0.378	1.549	0.769	1034.89	998056.85
0:37: 0	1.449	0.613	436.887	0.396	1.584	0.901	1488.77	997602.97
0:46: 0	1.585	0.647	436.853	0.414	1.621	1.056	2020.68	997071.05
0:55: 0	1.733	0.685	436.815	0.435	1.660	1.241	2645.01	996446.73
1: 4: 0	1.895	0.725	436.775	0.456	1.701	1.458	3378.66	995713.08
1:13: 0	2.070	0.769	436.731	0.479	1.743	1.715	4241.39	994850.34
1:22: 0	2.259	0.817	436.683	0.504	1.787	2.017	5256.12	993835.62
1:31: 0	2.464	0.869	436.631	0.529	1.832	2.371	6449.10	992642.64
1:40: 0	2.685	0.925	436.575	0.556	1.878	2.782	7850.08	991241.66
1:49: 0	2.922	0.985	436.515	0.584	1.924	3.258	9492.23	989599.51
1:58: 0	3.174	1.049	436.451	0.612	1.971	3.803	11411.80	987679.93
2: 7: 0	3.641	1.171	436.329	0.659	2.043	4.728	13665.96	985425.77
2:16: 0	5.432	1.671	435.829	0.936	2.436	11.799	17950.88	981140.85
2:25: 0	9.158	2.863	434.637	1.566	3.151	42.510	31423.74	967667.99
2:34: 0	16.456	5.600	431.900	3.087	4.424	211.345	92814.85	906276.89
2:43: 0	23.634	5.600	431.900	2.283	3.805	200.365	209597.51	789494.23
2:52: 0	27.447	5.600	431.900	1.598	3.183	138.361	299226.56	699865.17
3: 1: 0	29.205	5.600	431.900	1.142	2.691	89.529	358395.28	640696.45
3:10: 0	29.992	5.600	431.900	0.846	2.317	58.799	396848.71	602243.03
3:19: 0	30.352	5.600	431.900	0.649	2.029	40.030	422566.77	576524.96
3:28: 0	30.422	5.600	431.900	0.513	1.804	28.214	440399.61	558692.13
3:37: 0	30.465	5.600	431.900	0.416	1.624	20.608	453212.15	545879.58
3:46: 0	30.494	5.600	431.900	0.344	1.476	15.505	462723.72	536368.01
3:55: 0	30.513	5.600	431.900	0.289	1.354	11.957	469977.50	529114.24
4: 4: 0	30.525	5.600	431.900	0.246	1.250	9.414	475635.42	523456.32
4:13: 0	30.534	5.600	431.900	0.212	1.161	7.545	480133.66	518958.07
4:22: 0	30.540	5.600	431.900	0.185	1.084	6.139	483769.02	515322.72
4:31: 0	30.544	5.600	431.900	0.163	1.016	5.063	486749.06	512342.67
4:40: 0	30.547	5.600	431.900	0.144	0.957	4.224	489222.49	509869.25
4:49: 0	30.549	5.600	431.900	0.129	0.904	3.561	491298.08	507793.65
4:58: 0	30.550	5.600	431.900	0.116	0.856	3.031	493056.91	506034.82
5: 7: 0	30.550	5.600	431.900	0.104	0.814	2.600	494560.38	504531.36

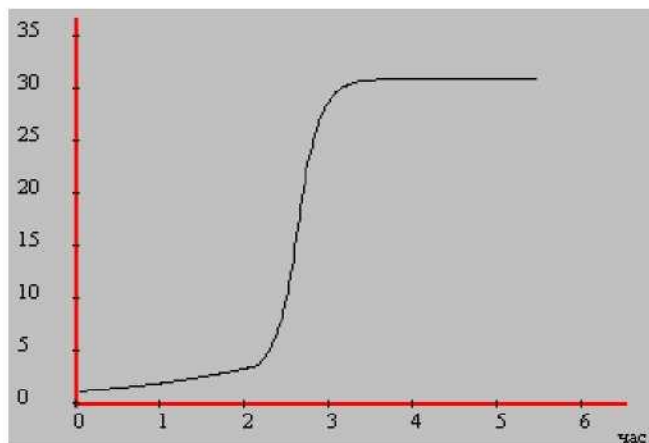


Рис. 1. Ширина прорана, максимальная ширина 30.55 м.

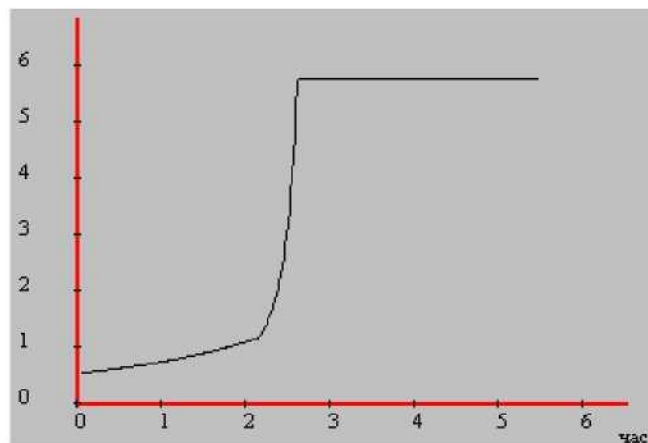


Рис. 2. Глубина прорана, максимальная глубина 5.60 м.

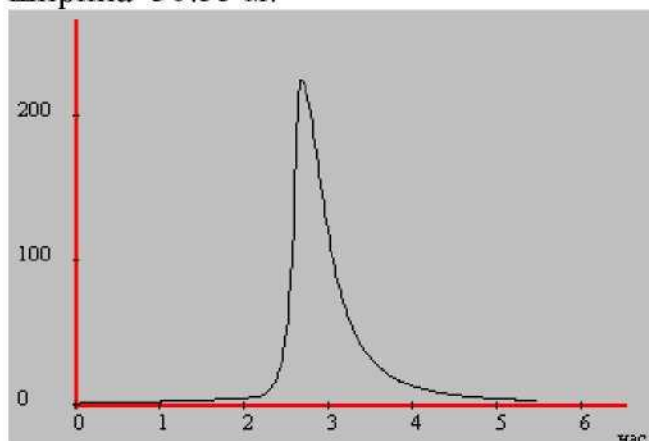


Рис. 3. Расход в проране, максимальный расход 223.83 м³/с

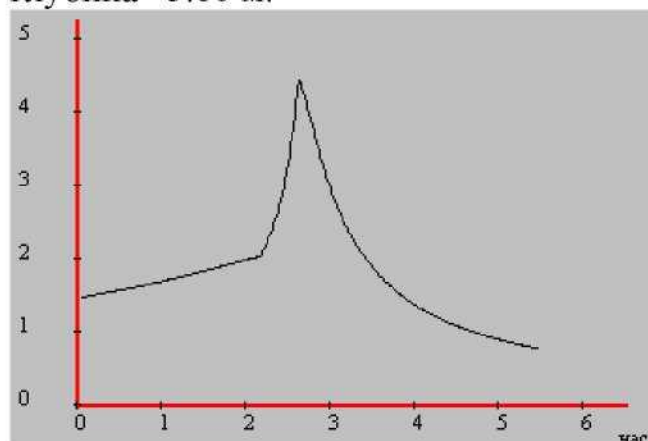


Рис. 4. Скорость в проране, максимальная скорость 4.42 м/с

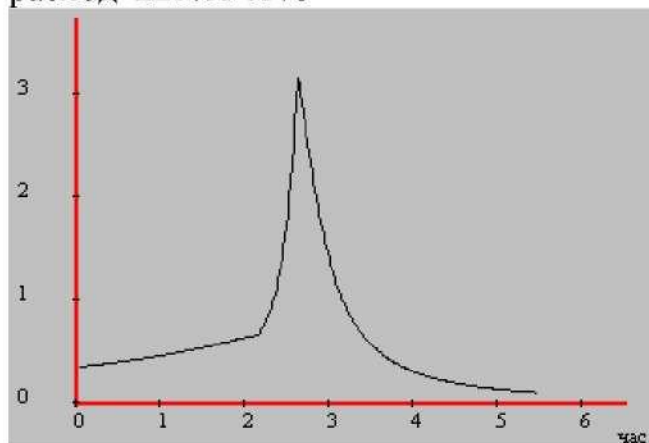


Рис. 5. Напор в проране, максимальный напор 3.09 м.

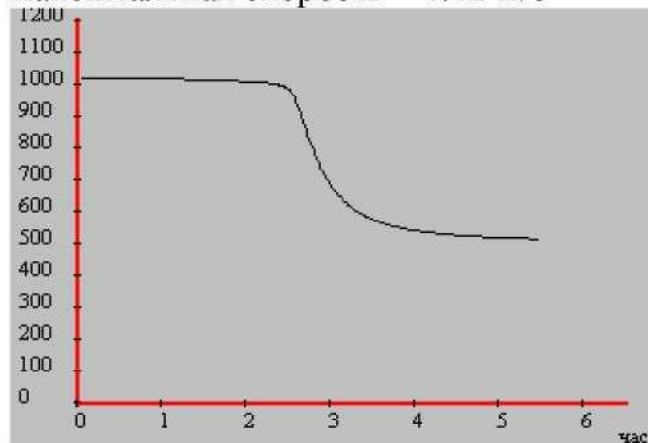


Рис. 6. Объем в водохранилище, тыс.м³

Таблица № 2. Результаты расчета трассы растекания волны от максимального расхода

№ створа	Ширина, м	Глубина, м	Длина, м	Скорость, м/с	Дно, м	Время	Площадь, м ²
0	18.38	2.86	0	4.42	431.90	2:37:0	0
1	225.18	0.90	1500.00	2.21	398.00	2:44:44	182384.99
2	55.76	2.23	2500.00	3.60	380.00	2:50:28	322766.60
3	76.72	1.92	3500.00	3.04	370.00	2:55:29	388628.94
4	35.58	3.20	4860.00	3.93	360.00	3: 1:59	464500.42
5	130.44	1.35	5610.00	2.55	352.00	3: 5:51	526542.15
6	172.94	1.12	6360.00	2.32	345.00	3:10:59	640145.04

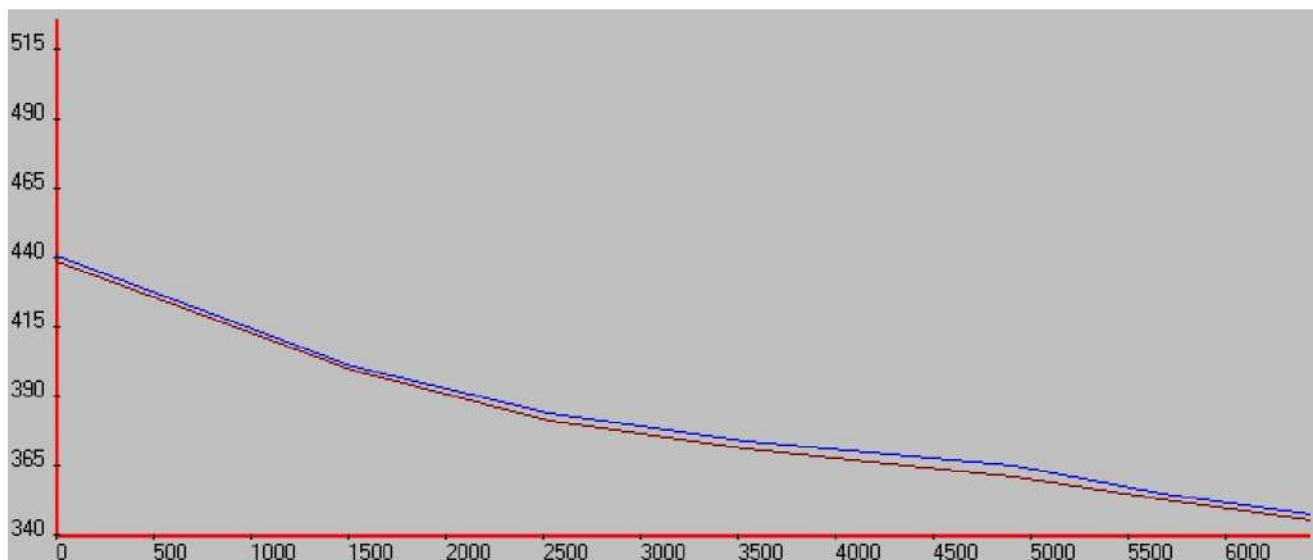


Рис. № 7. Профиль трассы разлива от максимального расхода

Створ № 1

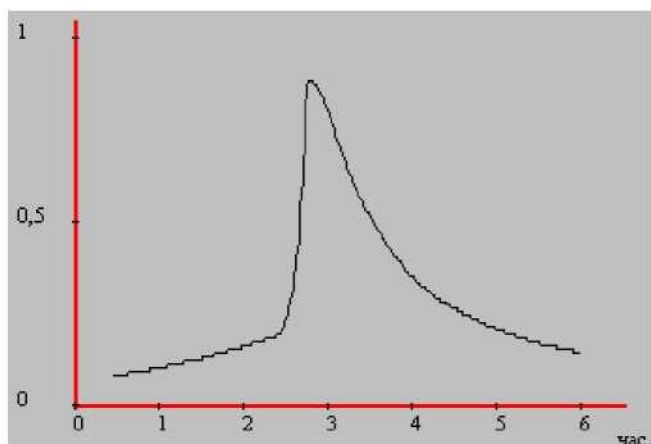


Рис. № 8. Глубина в створе, м

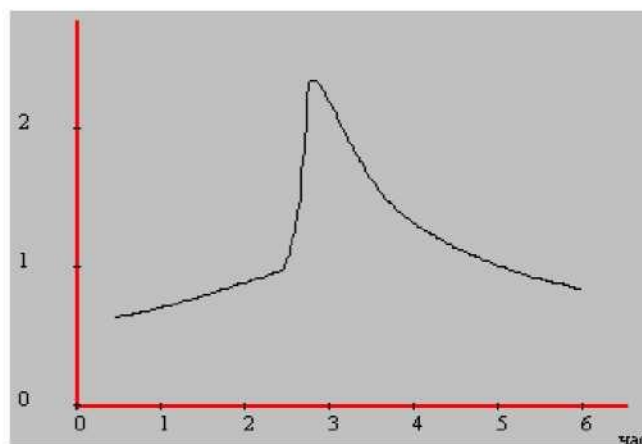


Рис. № 9. Скорость в створе, м/с

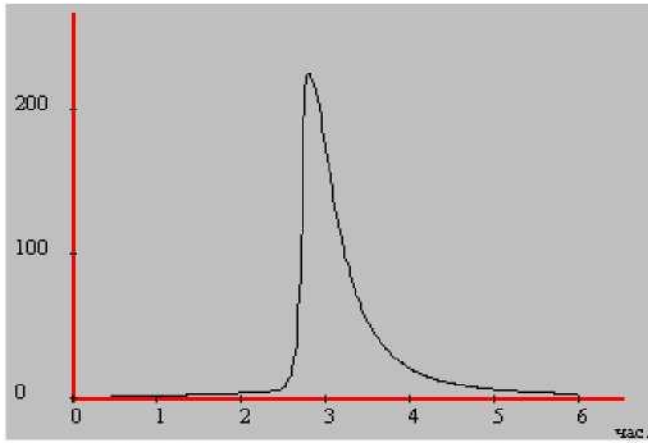


Рис. № 10. Расход в створе, м³/с

Створ № 2

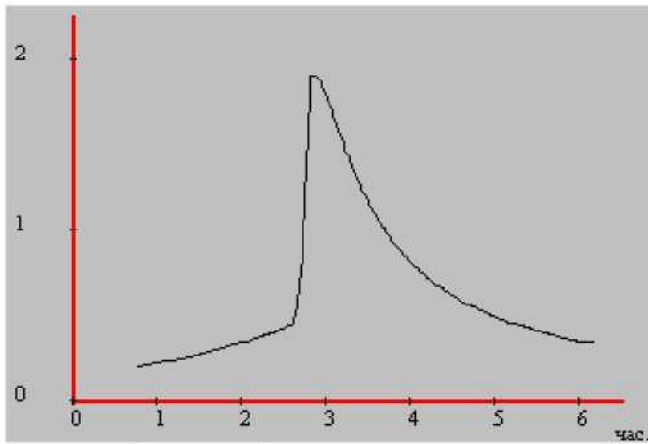


Рис. № 11. Глубина в створе, м

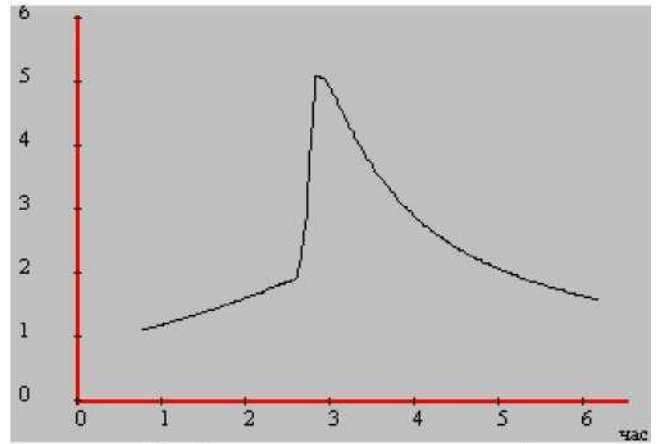


Рис. № 12. Скорость в створе, м/с

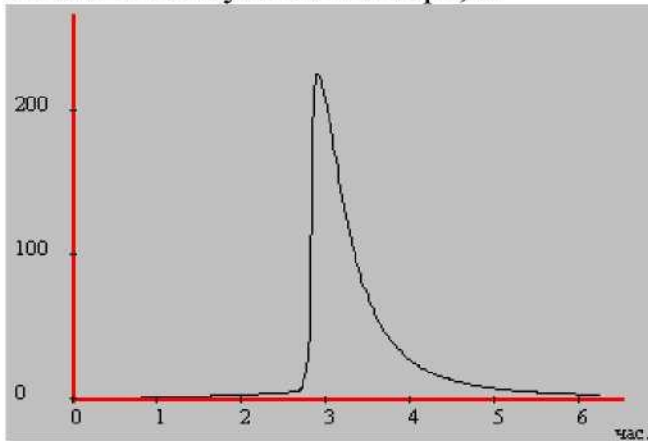


Рис. № 13. Расход в створе, м³/с

Створ № 3

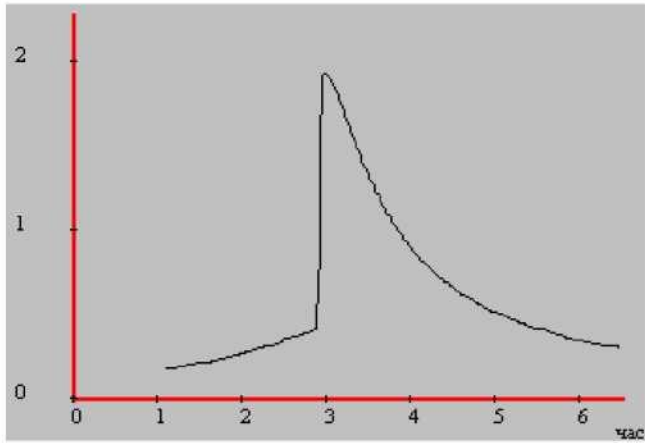


Рис. № 14. Глубина в створе, м

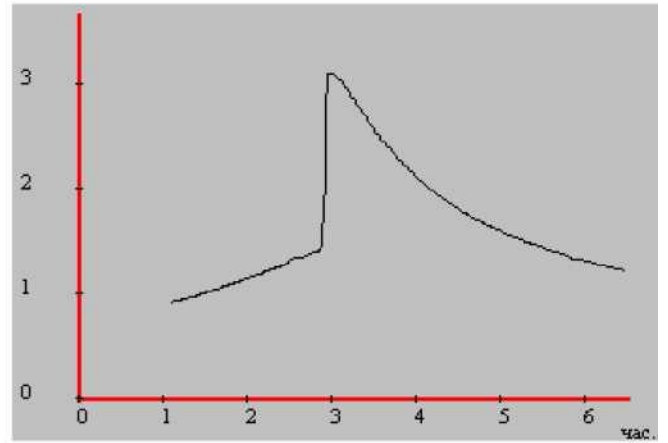


Рис. № 15. Скорость в створе, м/с

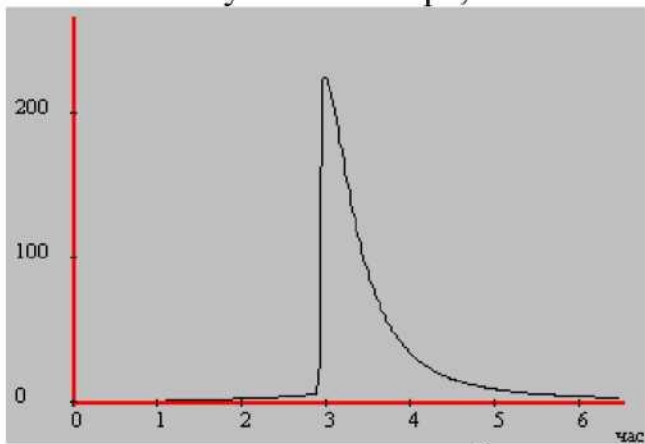


Рис. № 16. Расход в створе, м³/с

Створ № 4

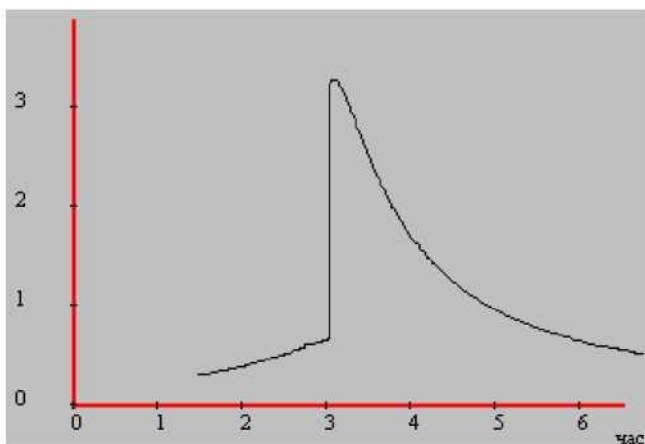


Рис. № 17. Глубина в створе, м

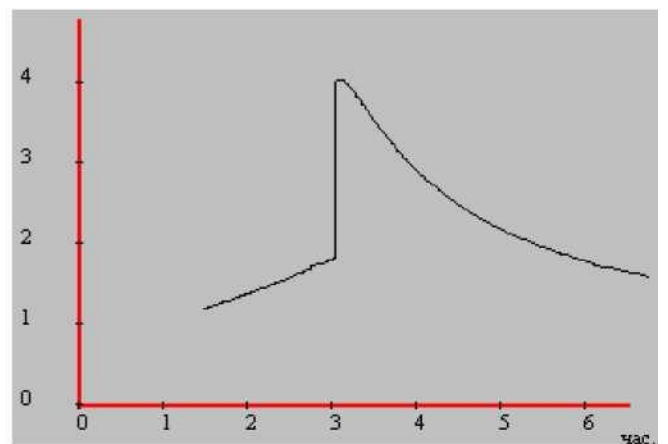


Рис. № 18. Скорость в створе, м/с

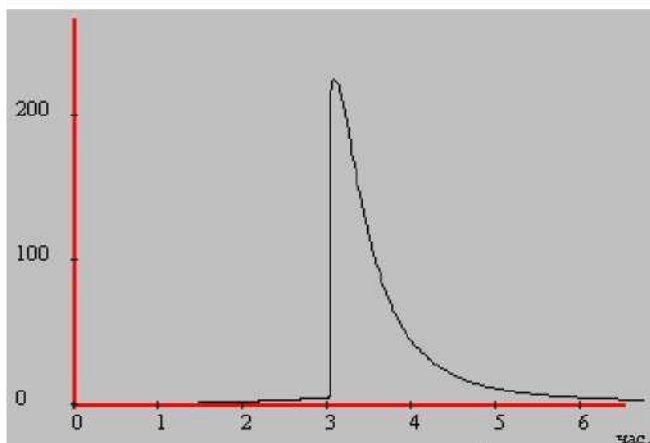


Рис. № 19. Расход в створе, м³/с

Створ № 5

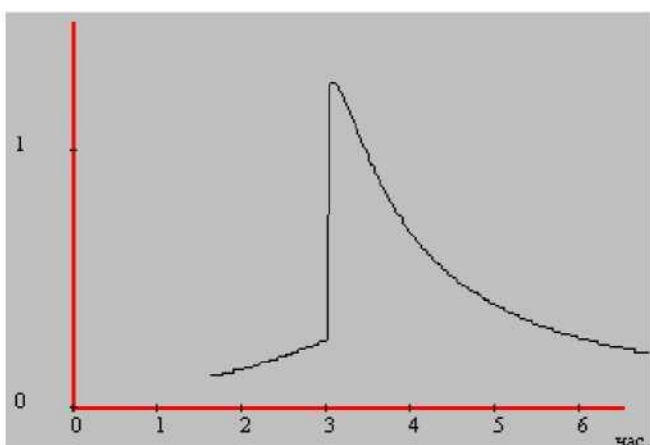


Рис. № 20. Глубина в створе, м

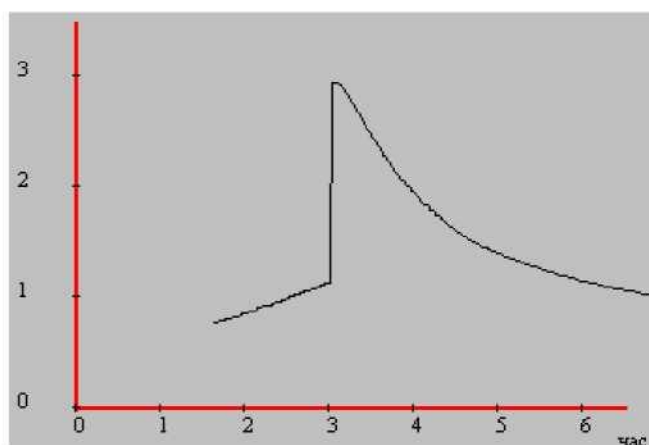


Рис. № 21. Скорость в створе, м/с

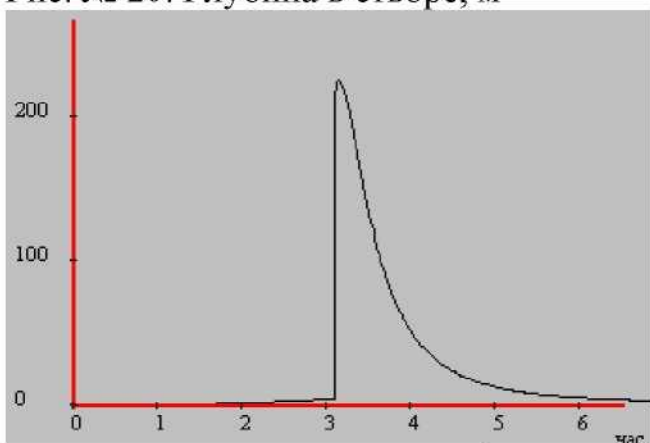


Рис. № 22. Расход в створе, м³/с

Створ № 6

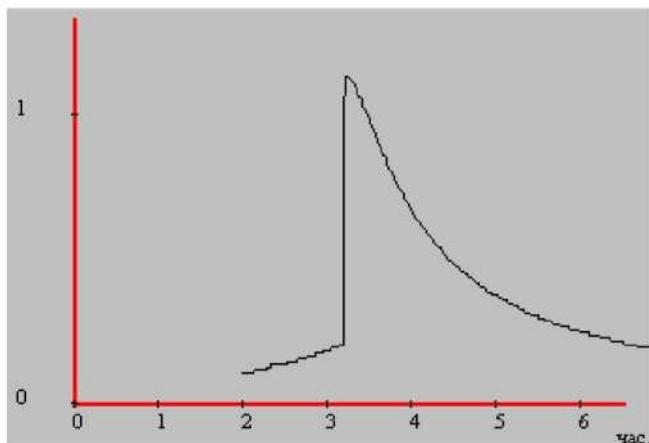


Рис. № 23. Глубина в створе, м

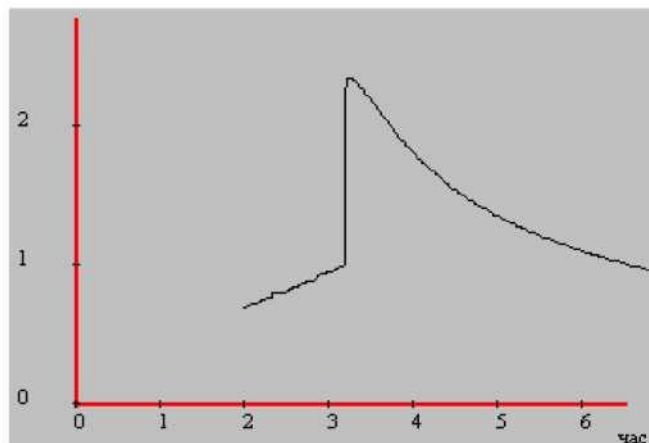


Рис. № 24. Скорость в створе, м/с

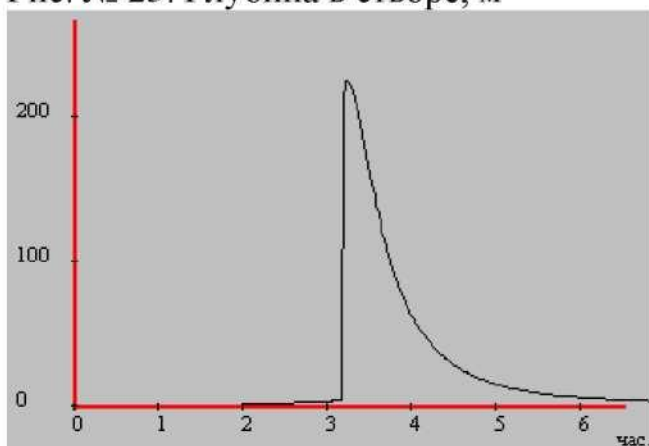
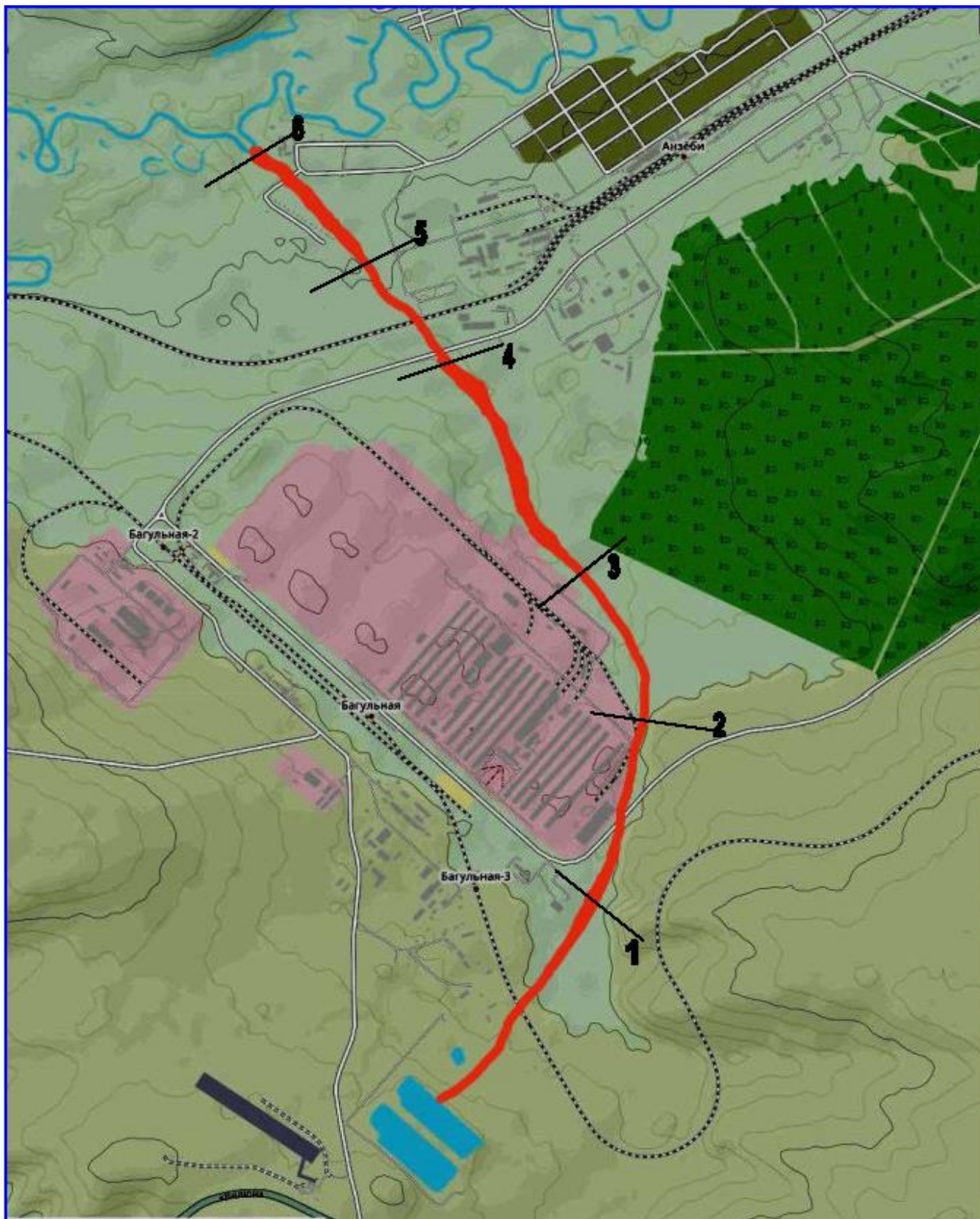
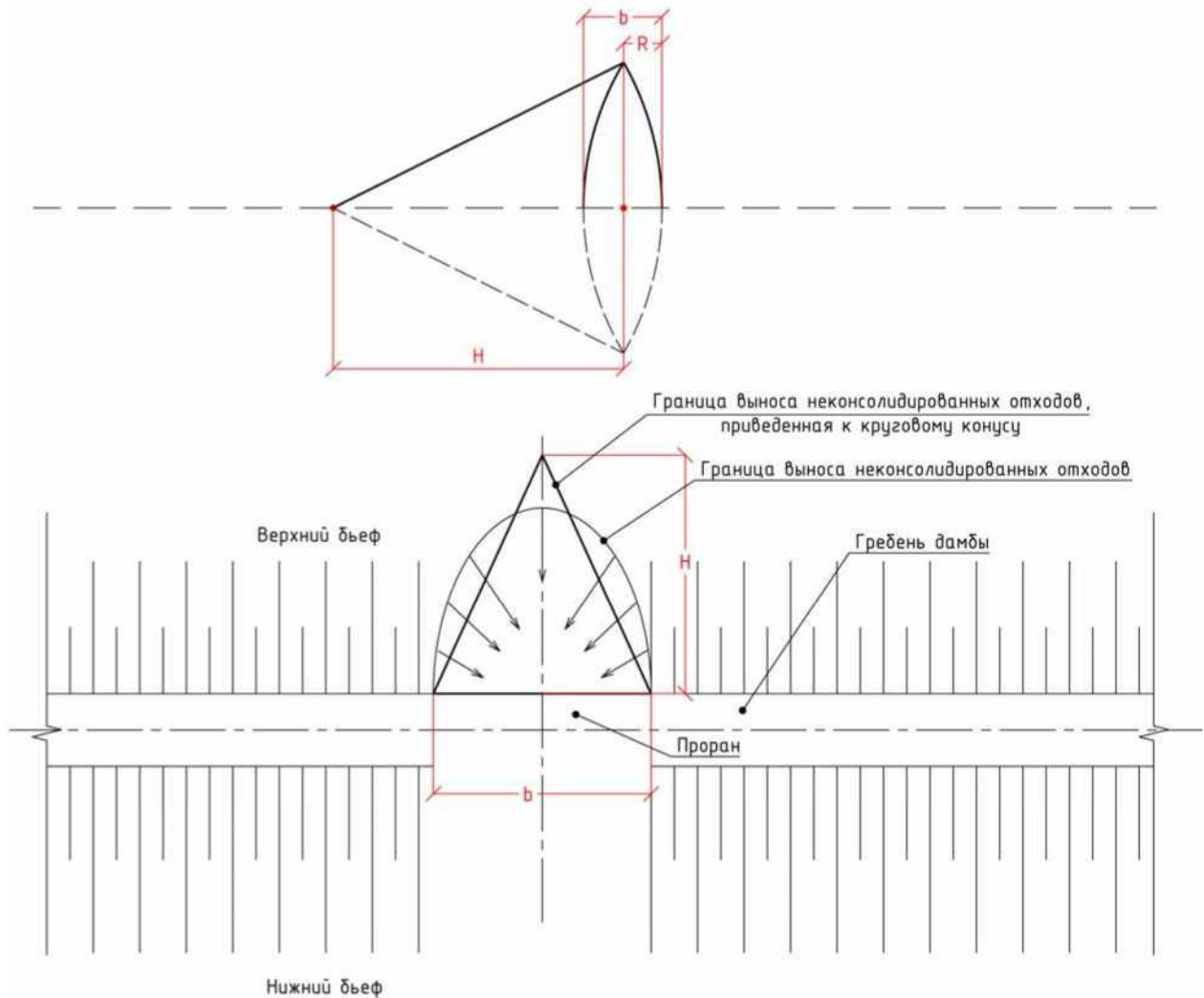


Рис. № 25. Расход в створе, м³/с

Приложение 5. Границы затопления в случае гидродинамической аварии на
шламонакопителе



Приложение 6. Определение объема вынесенных неконсолидированных отходов из накопителя



При расчете объема вынесенных неконсолидированных отходов фактический конус выноса приводят к круговому конусу. Объем кругового конуса определяется по формуле:

$$V = \frac{1}{3}\pi R^2 H.$$

Объем вынесенных неконсолидированных отходов равен половине объема кругового конуса:

$$V = \frac{1}{3}\pi R^2 H \frac{1}{2}.$$

Эмпирическим путем установлено, что высота конуса приблизительно равна двойной глубине размыва: $H = 2h$, где h - глубина размыва.

Учитывая, что $R = \frac{b}{2}$ (b - ширина размыва), объем вынесенных неконсолидированных отходов из накопителя определяется по формуле:

$$V = \frac{1}{3}\pi R^2 H \frac{1}{2} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot \frac{b^2}{2^2} \cdot 2 \cdot h \cdot \frac{1}{2}, \text{ т.е. } V = \frac{2}{3} \cdot h \cdot 3,14 \cdot \frac{b^2}{8}$$

