

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидравлических машин»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ А.А. Андрияс  
подпись                      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ  
ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ И АНАЛИЗ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ**

08.04.01 - Строительство

08.04.01.02 - Гидротехническое строительство

Научный руководитель	_____	<u>доцент кафедры ГТС и ГМ Саяно-Шушенского филиала СФУ, канд. техн. наук</u>	<u>В.Б. Затеев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>В.С. Тапов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	<u>руководитель группы безопасности гидротехнических сооружения АО «СибВАМИ» ОП в г. Красноярске</u>	<u>Н.Н. Данилкова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>А.А. Чабанова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Саяногорск, Черемушки 2020

## АННОТАЦИЯ

**Тема магистерской диссертации:** Мероприятия по реконструкции шламонакопителей и анализ их реализации.

**Объем диссертации:** составляет 48 страницы, 21 рисунков и 4 таблицы.

**Объектом исследования:** являются шламонакопители алюминиевого завода.

**Предмет исследования:** разработка и анализ возможных методов реконструкции шламонакопителей.

**Ключевые слова:** шламонакопитель, геомембрана, пленка, реконструкция, фильтрация.

Магистерская диссертация состоит из аннотации, автореферата, введения, содержания, четырех глав, заключения и списка использованных источников.

Во введении раскрывается актуальность исследования, отмечается его значимость, осуществляется постановка цели и задач.

Первая глава посвящена общим сведениям о шламонакопителях и проблемам их эксплуатации.

Вторая глава посвящена описанию принятых для проведения исследования шламонакопителем, а также их проблемам.

Третья глава посвящена описанию методов реконструкции шламонакопителей.

Четвертая глава посвящена экономическому сравнению различных методов реконструкции.

Заключение содержит основные выводы и достоинства различных методов реконструкций.

## **АВТОРЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа по теме "Мероприятия по реконструкции шламонакопителей и анализ их реализации".

### **Цель работы:**

Разработка и рассмотрение различных методов реконструкции шламонакопителей и анализ возможности их реализации в реальных условиях эксплуатации.

### **Основные задачи:**

Доказать, что кроме строительства нового шламонакопителя есть возможность реконструкции действующего и его дальнейшая эксплуатация.

### **Научная новизна:**

Предложены различные методы реконструкции шламонакопителей без прекращения производства и складирования шлама.

### **Практическая значимость работы:**

Результаты работы могут быть использованы при реконструкции действующих шламонакопителей.

### **Личный вклад автора:**

Разработка методов реконструкций и рассмотрения и рассмотрения их экономической целесообразности.

### **Апробация работы:**

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- VI Всероссийской научно - практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов "ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В XXI ВЕКЕ", Саяногорск р.п. Черемушки, 2019 год;

- VII Всероссийской научно - практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов "ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В XXI ВЕКЕ", Саяногорск р.п. Черемушки, 2020 год.

**Публикации:**

Основные положения и выводы изложены в 2 публикациях в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень реализуемых научных изданий определенных РИНЦ, ISBN.

**Ключевые слова:** шламонакопитель, геомембрана, пленка, реконструкция, фильтрация.

**Структура и объем диссертации:** диссертация состоит из аннотации, автореферата, содержания, введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Она включает 48 страниц текста, 21 рисунок, 4 таблицы и списка использованных источников.

## ABSTRACT

Final qualifying work on the topic "Measures for the reconstruction of sludge collectors and analysis of their implementation."

### **Purpose of work:**

Development and consideration of various methods for the reconstruction of sludge collectors and analysis of the possibility of their implementation in real operating conditions.

### **Main goals:**

To prove that in addition to the construction of a new sludge collector, there is the possibility of reconstructing the existing one and its further operation.

### **Scientific novelty:**

Various methods for the reconstruction of sludge collectors without stopping the production and storage of sludge are proposed.

### **The practical significance of the work:**

The results can be used in the reconstruction of existing sludge collectors.

### **Personal contribution of the author:**

Development of reconstruction methods and consideration and consideration of their economic feasibility.

### **Testing work:**

The results of the dissertation were reported and discussed at the following conferences:

- VI All-Russian scientific and practical conference of young scientists, specialists, graduate students and students "HYDROELECTRIC STATIONS IN THE XXI CENTURY", Sayanogorsk r.p. Cheryomushki, 2019;

- VII All-Russian scientific and practical conference of young scientists, specialists, graduate students and students "HYDROELECTRIC STATIONS IN THE XXI CENTURY", Sayanogorsk r.p. Cheryomushki, 2020.

### **Publications:**

The main provisions and conclusions are set forth in 2 publications in scientific journals and publications, which are included in the list of sold scientific publications of certain RSCI, ISBN.

**Key words:** sludge collector, geomembrane, film, reconstruction, filtration.

**Structure and scope of the dissertation:** the dissertation consists of an abstract, abstract, content, introduction, four chapters, conclusion and list of sources used. It includes 48 pages of text, 21 figures, 4 tables and a list of sources used.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	7
1 Общие сведения о проблемах шламонакопителей .....	8
1.1 Безопасность шламонакопителей .....	9
1.2 Экологические проблемы .....	10
1.3 Борьба с фильтрацией .....	11
2 Исходные данные .....	14
3 Рассмотрение различных вариантов реконструкции .....	17
3.1 Вариант № 1 .....	18
3.2 Вариант № 2 .....	24
3.3 Вариант № 3 .....	30
3.4 Вариант № 4 .....	37
4 Экономический анализ мероприятий по реконструкции шламонакопителей .....	41
Заключение .....	45
Список использованных источников .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Шламонакопители — это один из самых распространённых поверхностных методов хранения отходов металлургической промышленности на сегодняшний день. Для отечественного производства проблема отходов имеет немалую актуальность в виду малого образования продукции на единицу отходов, в 1,5-3,0 раза меньше, чем в других странах.

Объёмы складированных «запасов» красных шламов только на территории России оставляют более 200 млн. тонн, а площади, занятые под шламонакопители, занимают тысячи гектар.

Появившаяся в настоящее время в мире тенденция перехода промышленности на безотходное производство является долговременным и требующим огромных капиталовложений процессом. Поэтому без строительства новых или реконструкции старых накопителей не обойтись.

В настоящей работе на примере шламонакопителя рассматриваются возможные способы реконструкции и продления срока службы, существующих шламонакопителей и сравнение рентабельности приведенных вариантов со строительством нового накопителя.

При рассмотрении мероприятий по реконструкции шламонакопителей важную роль должна играть экологическая сторона вопроса. Все принятые технологические решения должны обеспечивать нормальную, безаварийную эксплуатацию сооружений. А также должны быть предусмотрены технические решения, улучшающие экологическую ситуацию и прежде всего состояния грунтовых вод.

## **1 Общие сведения о проблемах шламонакопителей**

Шламонакопители представляет собой большую чашу образующую емкость для хранения отходов производства металлургической промышленности. Каждый шламонакопитель хранит в себе млн. м<sup>3</sup> шлама и занимает площадь сотни гектаров.

Для борьбы с водой, фильтрующей через тело дамбы и дно карты шламонакопителя, применяют противофильтрационные устройства, материалом для них чаще всего служат малопроницаемые глинистые грунты, полимерные пленки и битумные материалы. Для обеспечения допустимого уровня кривой депрессии в теле дамб и защиты грунта под хранилищем от фильтрационных деформаций используют различного вида дренажные системы. Дренажи собирают фильтрационную воду и организованно отводят ее для дальнейшего отстаивания или использования в технологическом процессе.

На сегодняшний день накоплено огромное количество различных отходов производства, оказывающих пагубное влияние на экологию. Каждый год в России образуется до 7 миллиардов тонн отходов и лишь 2 из них используются как вторичное сырье. Основной процент отходов производства представляет шлам, образовавшийся при улавливании и осаждении технических выбросов пыли на металлургическом производстве, в такой пыли могут содержаться ценные компоненты (в первую очередь железо). В шламонакопитель шлам доставляется через специальные шламопроводы и складывается для дальнейшего хранения.

В захороненных картах шламонакопителей можно найти огромный список полезных элементов например: железо, алюминий, марганец, бром, кремний и многие другие. Повторная переработка шлама не только решает массу экологических проблем, связанных с его хранением, загрязнением подземных вод, пылением, загрязнением атмосферы и т.д., но и позволяет, получить ценные промышленные ресурсы.



## 1.1 Безопасность шламонакопителей

Шламонакопители относятся к опасным гидротехническим сооружениям ввиду того, что при аварии на таком сооружении может быть нанесен непоправимый вред экологии. Проектирование таких сооружений должно вестись с соблюдением всех норм и требований, приведенных в СП и ГОСТах.

При проектировании шламонакопителя должны быть рассчитаны его параметры:

- Заложение верхового и низового откосов;
- Размеры пруда отстойника;
- Расположение дополнительных коммуникаций на сооружении.

На сегодняшний день проведено множество исследований и на их основе разработано множество программ для расчёта инженерных задач, примерами таких программ являются Plaxis, Старт, Волна, GEO5 и многие другие. Эти программы позволяют решать задачи, связанные с расчетом уровня депрессионной кривой, расчетом сечений трубопроводов и последствиями прорыва дамб сооружений.

На территории Сибири и районов Крайнего севера, еще очень много шламоотвалов, надежность и экологическая безопасность которых не соответствует требованиям действующих стандартов. Целый ряд отвалов не соответствует по следующим критериям:

- Превышение проектных отметок;
- Малоэффективная работа дренажных систем;
- Просадка дамб на слабых грунтах;
- Пыление;
- Малое количество действующей КИА или вовсе ее отсутствие.

Уровень разработки технологических вопросов при проектировании, строительстве и наращивании многих отвалов остается недопустимо низким:

- Должным образом не проводятся инженерные изыскания;
- Не проводится должным образом подготовка чаши карты;

- Не контролируется укладка грунта в тело дамб;
- Дренаж и экран укладываются недопустимого качества.

Это в свою очередь в будущем может привести к фильтрации через основание и тело дамб, заилению дренажей или даже прорыву дамбы.

## **1.2 Экологические проблемы**

В результате воздействия отвалов на окружающую среду происходит ухудшение качества, нарушение и отчуждение земель, изменение состава и свойств геологической среды, загрязнение природных вод атмосферы, изменение растительного мира и нарушение сложившегося гидробаланса.

Главный источник загрязнения – складированные в отвалах техногенные образования – характеризуются значительными концентрациями тяжелых металлов, обуславливающих механическое и химическое загрязнение прилегающих территорий, при этом наиболее высокие содержания металлов выявляются в верхнем слое почв, что способствует их усвоению растениями.

Загрязнение атмосферы происходит при пылении. Пыление шлама наносит огромный вред окружающей среде и вызывает появление различных заболеваний у населения.

Выбросы на землю огромной массы отходов привели к нарушению экологической системы на Кузбассе:

- На площади более чем 100 тысяч гектаров окончательно нарушен рельеф и испорчен плодородный слой почвы.
- На 500 тысячах гектаров вымерли леса.
- На 400 тысячах гектаров в высокогорье Кузнецкого Алатау и Горной Шории происходит вымирание сосновых деревьев ввиду интоксикации хвои и почвы.
- Навсегда уничтожены примерно 300 малых рек, а р. Томь стала самой грязной рекой Сибири.

- Потеряны множество видов и подвидов животных, проживавших в той местности, а также 124 вида были занесены в Красную книгу как вымирающие.

Кемеровская область является самой экологически запущенной в стране, число болезней и смертей в этом регионе в среднем в 1,5-3 раза выше, чем в других. Согласно статистике в г. Новокузнецке общая смертность населения за период 1998-2003 г. выросла на 23 %, за период 1993-2003 г., число онкологических заболеваний выросло на 87 %, при этом смертность от злокачественных опухолей выросла на 80 %. Наблюдается резкое снижение репродуктивной функции женской половины населения и длительности жизни новорожденных. Например, малышам, родившимся в 2002 г., предстоит прожить на 383 дня меньше, чем поколению на 2 года их старше, по заключению медицинских организаций это может говорить об элиминации населения.

Сейчас в мире формируются основные представления о направлениях экологической политики, одной из основных частей которой является управления отходами производства. На данный момент управление отходами реализуется только на уровне местных предприятий, отдельных регионов и государств.

Вследствие всего вышесказанного разработка теоретических и практических предложений о хранении отходов и методов их повторного применения в рамках металлургической промышленности являются актуальными

### **1.3 Борьба с фильтрацией**

В настоящее время вопросы противофильтрационной защиты сооружений выходят на первое место. Если раньше противофильтрационные элементы были необходимы только для нормальной эксплуатации сооружения, то теперь они еще должны обеспечивать защиту окружающей среды от загрязнения.

Огромные залежи отходов, хранящихся в шламоотвале, содержат значительное количество химических веществ, вредных для природы и человека. Вместе с дождевой, снеговой и технологической водой, фильтрующей через основание и дамбы, химические элементы попадают в естественные грунтовые воды. Вместе с грунтовыми водами вредные вещества разносятся далеко за пределы отвала, тем самым нанося ущерб окружающей среде. Особенно интенсивно проходят загрязнения на территории шламоотвалов, расположенных на легко фильтрующих основаниях, например, на песках.

Фильтрационные потери воды из накопителей неизбежны при любом способе защиты, есть возможность их значительно сократить, но не полностью предотвратить. Полное отсутствие фильтрации можно добиться только в зонах вечной мерзлоты при полностью замороженном основании, дамбах или же в отвалах насыпного типа.

Из эксплуатационной практики известно, что 30-40 % повреждений или даже обрушения грунтовых плотин происходит из-за фильтрационных деформаций. В связи с этим можно сделать вывод, что фильтрация в грунтовых плотинах весьма серьезная проблема.

Для препятствия фильтрации применялось множество разновидностей противофильтрационных устройств таких как:

- Бетонные;
- Железобетонные;
- Асфальтобетонные;
- Грунтопленочные;
- Бетонопленочные покрытия.

Наиболее удачными из них можно назвать грунтопленочные покрытия, но все же и они не на 100 % эффективны, ввиду несовершенства конструкции, появления трещин при эксплуатации или нарушения технологии укладки.

В последнее время наблюдается тенденция широкого распространения геомембран. Геомембрана представляет собой синтетический материал на основе полимера. Она обладает следующими преимуществами перед пленочным материалом:

- Толщина мембраны от 1-3 мм при толщине пленки - 0,2 да 0,3 мм;
- Большая долговечность;
- Сопротивление прокалыванию;
- Высокая гибкость;
- Деформационная способность;
- Водонепроницаемость;
- Химическая стойкость;
- Стойкость к температурным перепадам;
- Растяжимость.

Различают два основных вида геомембран:

1. Полиэтилен высокой плотности и низкого давления - отличается высокой твердостью, прочностью и устойчивостью к различного рода кислотам, щелочам. Хорошо выдерживает механическое давление, но на морозе становится хрупким. Чаще всего применяют на больших ровных площадках.

2. Полиэтилен низкой плотности и высокого давления - отличается легкостью и эластичностью. Хорошо переносит низкую температуру до - 120 °С. Благодаря своим свойствам, хорошо подходит для укладки на сложных участках.

Все виды геомембран отличаются влагонепроницаемостью, потому их рекомендуется использовать для гидроизоляции шламонакопителей.

## 2 Исходные данные

В качестве исходных данных для рассмотрения вариантов реконструкции шламонакопителей выбраны 2 шламонакопителя одного из алюминиевых заводов. В связи с секретностью информации данные будут представлены в обобщенном виде.

Удаление отходов алюминиевого завода производится в шламонакопители № 1 и № 3. Шламонакопитель № 2 условно не показан. Все сооружения располагаются в промышленной зоне, схема расположения сооружений представлена на рисунке 2.1. На рисунке также приведен шламонакопитель № 4 как предполагаемая площадка для строительства в одном из рассмотренных вариантов.

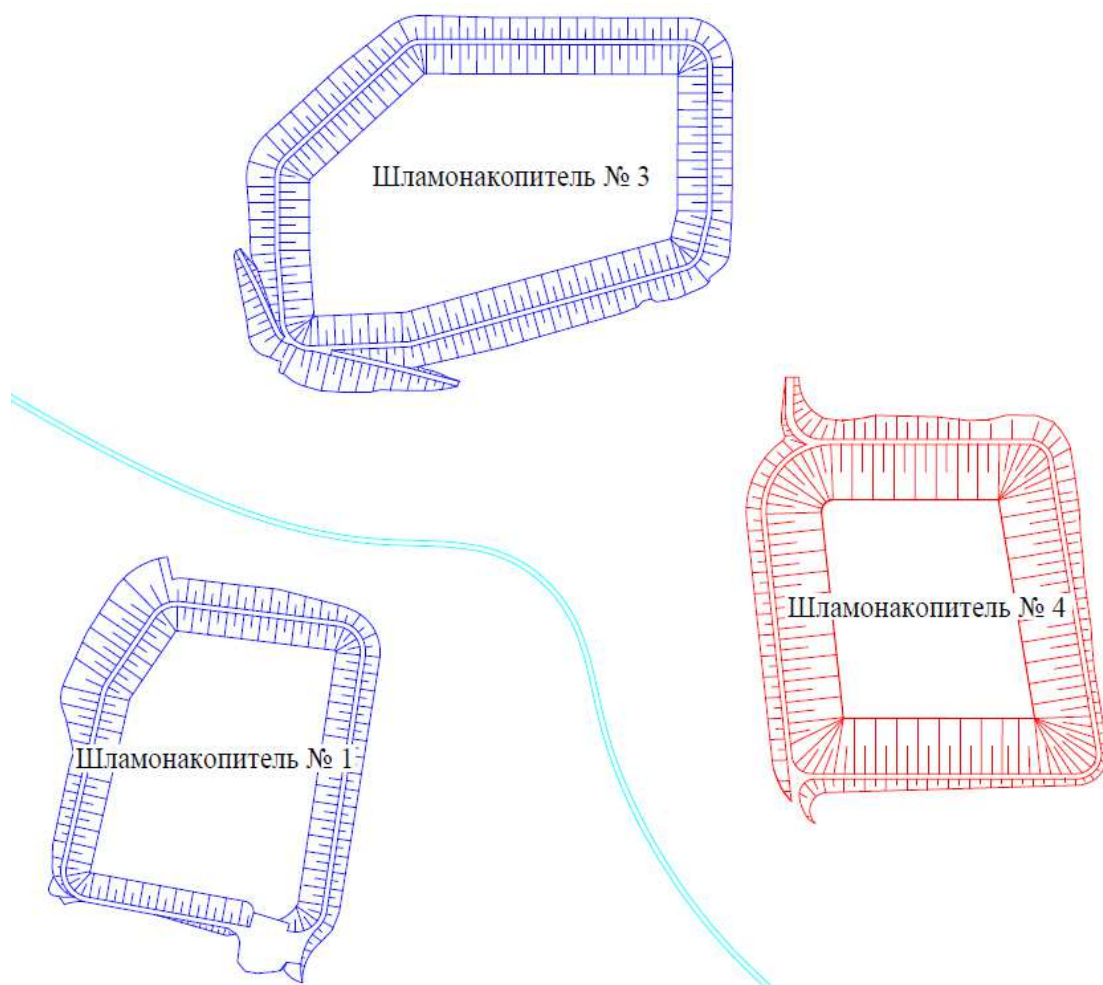


Рисунок 2.1 - Схема расположения шламонакопителей

Шламонакопитель № 1 расположен на левом склоне ручья, а шламонакопитель № 3 расположен вдоль правого берега ручья.

Режим работы шламонакопителей непрерывный. Площадь шламонакопителей № 1 – 7,25 га, № 3 – 9,60 га.

Ложе шламонакопителя № 3 имеет экран из суглинка с низким коэффициентом фильтрации.

Ложе шламонакопителя № 1 при строительстве не было предварительно подготовлено и коэффициент фильтрации подстилающих грунтов не соответствует требуемым нормам.

На рисунке 2.2 и 2.3 приведены фото шламонакопителя до проведения реконструкции.



Рисунок 2.2 - Шламонакопитель № 1



Рисунок 2.3 - Шламонакопитель № 3



### **3 Рассмотрение различных вариантов реконструкции**

В ходе работы рассматривались несколько возможных способов реконструкции существующих шламонакопителей, а также вариант создания нового шламонакопителя № 4.

Рассмотренные варианты:

- Одновременное наращивание каждого шламонакопителя с разделительной дамбой и без удаления шламов (Вариант 1);
- Поочередное наращивание каждого шламонакопителя без разделительной дамбы и удаления шламов (Вариант 2);
- Наращивание дамб шламонакопителя № 1 для складирования шлама из шламонакопителя № 3, с последующей его рекультивацией. Незначительное наращивание дамб шламонакопителя № 3 с удалением шлама и устройством разделительной дамбы (Вариант 3);
- Устройство нового шламонакопителя № 4 (Вариант 4).

Во всех рассматриваемых вариантах реконструкции происходит наращивание дамб. Сечение новых дамб обосновывается следующими факторами - заложение низового откоса по условиям его устойчивости - 1:2. Заложение верхового откоса 1:3 принято из условия предотвращения сползания противofильтрационного экрана. Ширина дамбы по гребню – 5,00 м, толщина крепления 0,20 м обусловлена возможностью проезда техники по гребню.

Во всех вариантах реконструкции применяются микродисперсные кольматанты, они необходимы для закупоривания свободного пространства внутри шлама. Предполагается подача кольматантов в шламонакопитель вместе с пульпой.

Противofильтрационный экран выполнен из полимерной геомембраны, экранирующей дно и откосы дамб, в целях предотвращения фильтрации и загрязнения грунтовых вод.

Согласно инструкции по проектированию противофльтрационного экрана для предотвращения повреждения геомембраны обязательно выполняется подготовительный и защитный слой.

В качестве завершающего этапа реконструкции шламонакопителей для каждого из вариантов проведен этап рекультивации.

Целью рекультивации является приведение земель, нарушенных в результате деятельности шламоудаления, в состояние, пригодное для использования в качестве земель природоохранного назначения.

### **3.1 Вариант № 1**

Данный вариант предусматривает одновременное наращивание каждого шламонакопителя с разделительной дамбой без удаления шламов.

Работы по реконструкции шламонакопителей № 1 и № 3 начинаются одновременно без нарушения технологического процесса предприятия.

Преимущество данного варианта — это возможность проведения реконструкции шламонакопителей без прекращения работы предприятия, после возведения разделительной дамбы можно безопасно проводить работы в одной половине пока отходы сбрасываются в другую.

#### *Шламонакопитель № 1*

В первую очередь, при работающем шламонакопителе, отсыпается разделительная ограждающая дамба из суглинка. Левая часть будет реконструироваться. В правую часть будет осуществляться складирование.

Отметка верха дамбы определена в зависимости от объема складирования отходов в течение 10 лет и превышения над уровнем заполнения на 1,0 м и составляет 282,80 м.

Ограждающая дамба правой части наращивается на 3,40 м из расчета складирования отходов в течение 2 лет, период реконструкции левой части.

После наращивания дамбы в правой части выполняется экран с использованием микродисперсных кольматантов на период реконструкции левой части шламонакопителя № 1 в течение 2 лет.

В левой части шламонакопителя выполняем работы в следующей последовательности. В первую очередь выполняется осушение левой части.

Далее выполняется наращивание ограждающей дамбы из суглинка на 8,30 м. Отметка гребень дамбы составит 282,80 м при существующей отметке гребня 274,50 м. Ширина дамбы по гребню – 5,00 м. Заложение верхового откоса выполняется 1:3, низового – 1:2.

Для выполнения работ по устройству экрана необходимо дать время для просушки. После осушения шлама в чаше шламонакопителя выполняются работы по устройству экрана. Противофильтрационный экран выполняется по существующей поверхности шламов с подготовительными и защитными слоями. Подготовительный слой выполняется отсыпкой песчаного грунта слоем 0,50 м, поверх песчаного грунта укладывается геомембрана. Над геомембраной выполняется защитный слой из суглинистого грунта толщиной 0,50 м из условия работы техники по геомембране. Гребень дамбы крепится щебнем 0,20 м.

В правой части шламонакопителя работы по реконструкции выполняются в той же последовательности.

Продольный разрез по оси шламонакопителя № 1 приведен на рисунке 3.3

Суммарный объем образованной свободной емкости в шламонакопителе № 1 после наращивания дамб до отметки 282,80 м и устройства экрана составит примерно 360 тыс.м<sup>3</sup>. При выходе отходов 100 тыс.м<sup>3</sup>/год время службы данного накопителя составит 3,6 года. Кривые объемов и площадей шламонакопителя № 1 приведены на рисунке 3.1.

После наращивания дамбы в левой части выполняется экран с использованием микродисперсных кольматантов на период реконструкции правой части шламонакопителя № 3 в течение 2-х лет.

При реконструкции правой части шламонакопителя, в первую очередь, выполняется осушение чаши.

Далее выполняется наращивание ограждающей дамбы из суглинка до отметки 284,20 м при существующей отметке гребня 275,00 м, высота наращивания составит 9,20 м. Ширина дамбы по гребню – 5,00 м. Заложение верхового откоса выполняется 1:3, низового – 1:2.

Для выполнения работ по устройству экрана необходимо дать время для просушки. После осушения шлама в чаше шламонакопителя выполняются работы по устройству экрана. Противофильтрационный экран выполняется по существующей поверхности шламов с подготовительными и защитными слоями. Подготовительный слой выполняется отсыпкой песчаного грунта слоем 0,50 м, поверх песчаного грунта укладывается геомембрана. Над геомембраной выполняется защитный слой из суглинистого грунта толщиной 0,50 м из условия работы техники по геомембране. Гребень дамбы крепится щебнем 0,20 м.

При реконструкции левой части шламонакопителя, в первую очередь, выполняется осушение чаши.

Далее выполняется наращивание ограждающей дамбы из суглинка до отметки 284,20 м при существующей отметке гребня 279,30 м, высота наращивания составит 4,90 м. Ширина дамбы по гребню – 5,00 м. Заложение верхового откоса выполняется 1:3, низового – 1:2. Наращивание дамбы выполняется в теплое время года.

Остальные работы по реконструкции левой части выполняются аналогично работам правой части.

Продольный разрез по оси шламонакопителя № 3 приведен на рисунке 3.4

План-схема шламонакопителей после проведенных мероприятий приведена на рисунке 3.5

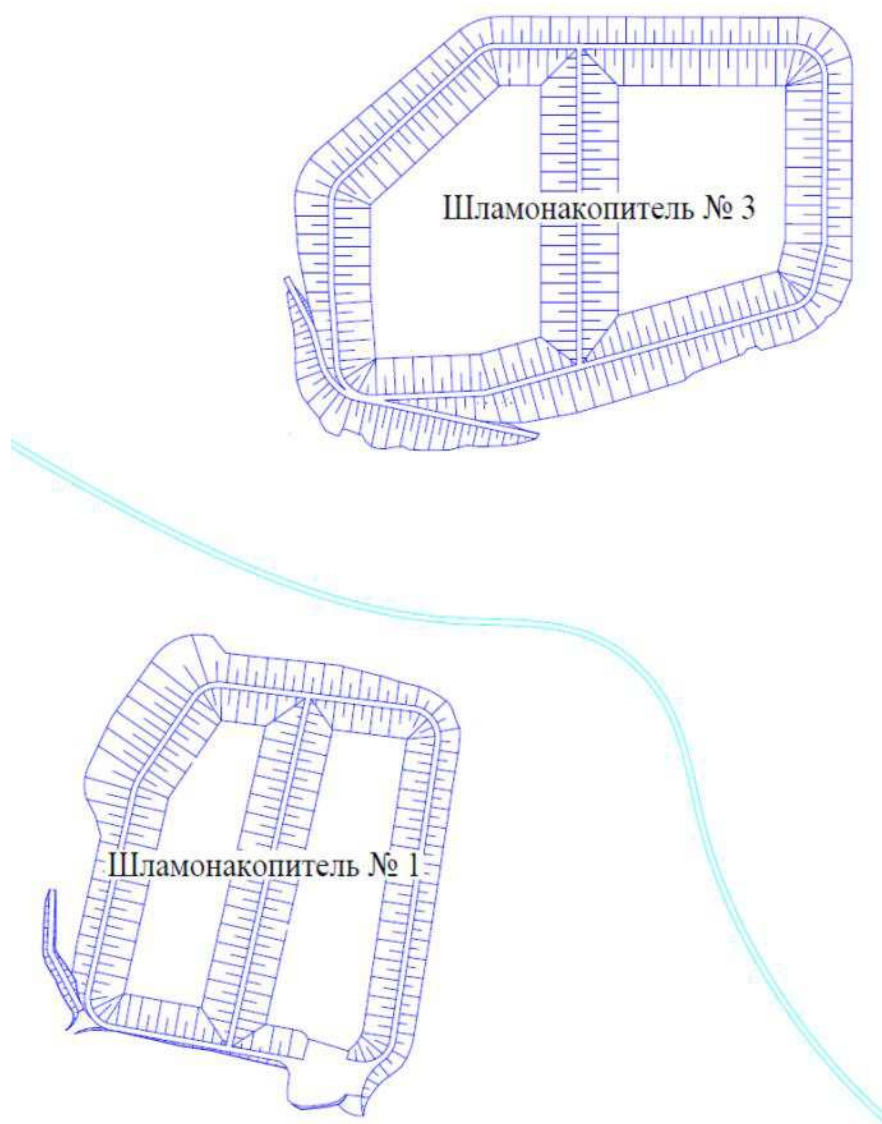


Рисунок 3.5 – План-схема шламонакопителей при первом варианте реконструкции.

### 3.2 Вариант № 2

В рамках вариант № 2 рассматривается поочередное наращивание каждого шламонакопителя без разделительной дамбы и удаления шламов

Работы по реконструкции шламонакопителей № 1 и № 3 выполняются последовательно без нарушения технологического процесса предприятия. Выполняется подготовка шламонакопителя № 3 для приема отходов обоих

шламонакопителей на период реконструкции шламонакопителя № 1. После реконструкции складирование всех шламов осуществляется в шламонакопитель № 1 на период реконструкции шламонакопителя № 3.

### Шламонакопитель № 3

Для выполнения реконструкции шламонакопителя № 1 необходимо подготовить шламонакопитель № 3 для складирования всех видов отходов в период реконструкции шламонакопителя № 1.

В шламонакопителе № 3 на первом этапе:

Осуществляется наращивание ограждающей дамбы на высоту 3,20 м до отметки 278,20 м при существующей отметке 275,00 м. Ширина дамбы по гребню составляет 5,00 м. Заложение верхового откоса выполняется 1:3, низового – 1:2.

После наращивания ограждающей дамбы выполняется противофильтрационный экран с использованием микродисперсных кольматантов на период реконструкции шламонакопителя № 1 в течение 2 лет.

После выполнения данных работ складирование всех видов шламов осуществляется в шламонакопитель № 3.

### Шламонакопитель № 1

В первую очередь выполняется осушение чаши шламонакопителя № 1. Далее выполняется наращивание ограждающей дамбы из суглинка на 6,90 м, при этом отметка гребня дамбы составит 281,40 м при существующей отметке гребня 274,50 м. Ширина дамбы по гребню – 5,00 м. Заложение верхового откоса выполняется 1:3, низового – 1:2.

Для выполнения работ по устройству экрана необходимо дать время для просушки. После осушения шлама в чаше шламонакопителя выполняются работы по устройству экрана. Противофильтрационный экран выполняется по существующей поверхности шламов с подготовительными и защитными слоями. Подготовительный слой выполняется отсыпкой песчаного грунта слоем 0,50 м, поверх песчаного грунта укладывается геомембрана. Над

После заполнения шламонакопителя до уровня конечного заполнения равного отметке 280,40 м выполняется его рекультивация слоем суглинка толщиной 0,50 м.

### Шламонакопитель № 3

На втором этапе реконструкции шламонакопителя № 3 выполняется осушение его емкости. Далее выполняется наращивание ограждающей дамбы из суглинка в отметках 278,20 – 283,40 м.

Для выполнения работ по устройству противофильтрационного экрана необходимо дать время для просушки. После осушения шлама в чаше шламонакопителя выполняются работы по устройству экрана. Противофильтрационный экран выполняется по существующей поверхности шламов с подготовительными и защитными слоями. Подготовительный слой выполняется отсыпкой песчаного грунта слоем 0,50 м, поверх песчаного грунта укладывается геомембрана. Над геомембраной выполняется защитный слой из суглинистого грунта толщиной 0,50 м из условия работы техники по геомембране. Гребень дамбы крепится щебнем 0,20 м. Продольный разрез по оси шламонакопителя № 3 приведен на рисунке 3.9.

Суммарный объем образованной свободной емкости в шламонакопителе № 3 после наращивания дамб до отметки 283,40 м и устройства экрана составит примерно 638 тыс.м<sup>3</sup>. При выходе отходов 100 тыс.м<sup>3</sup>/год время службы данного накопителя составит 6,4 года. Кривые объемов и площадей шламонакопителя № 3 приведены на рисунке 3.7.

План-схема шламонакопителей после проведенных мероприятий приведена на рисунке 3.10.

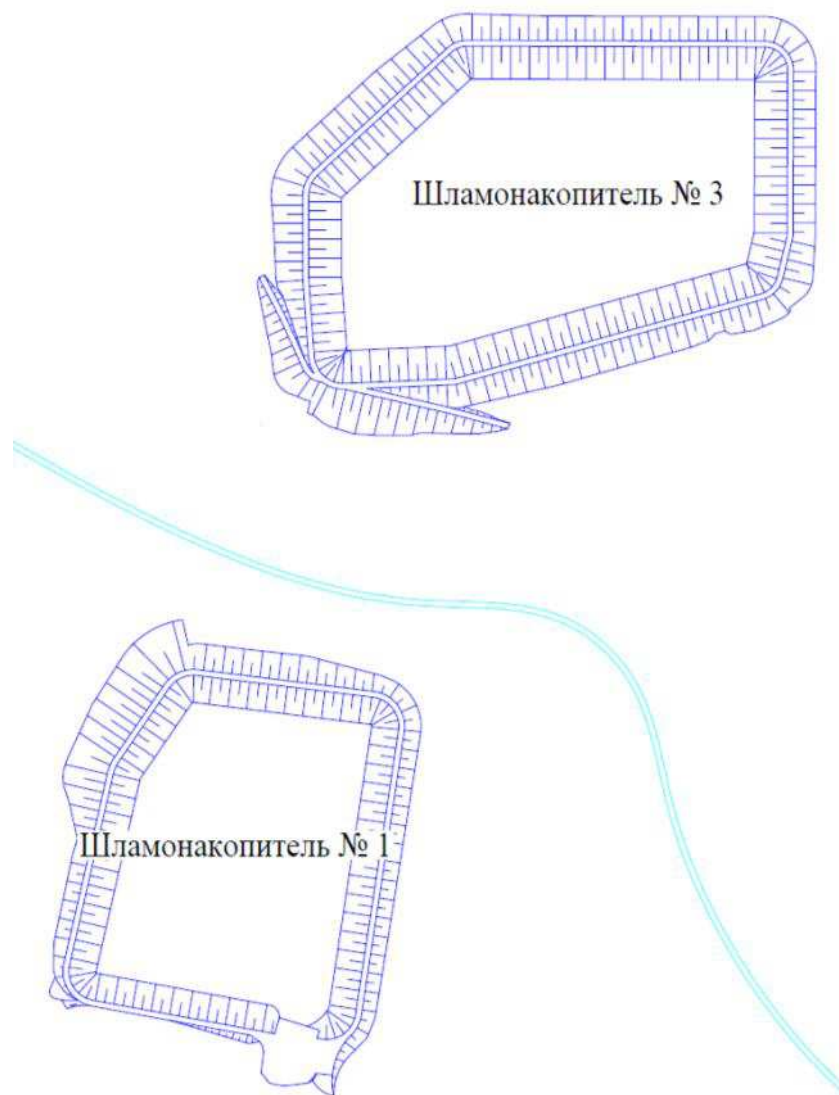


Рисунок 3.10 – План-схема шламонакопителей при втором варианте реконструкции.

### 3.3 Вариант № 3

В данном варианте рассматривается возможность наращивания дамб шламонакопителя № 1 для складирования шлама из шламонакопителя № 3, с последующей его рекультивацией. Удаление шлама из шламонакопителя № 3, незначительное наращивание дамб с разделительной дамбой.

Данный вариант реконструкции является самым экологически правильным. При удалении шлама из шламонакопителя № 3 появляется



возможность повторной переработки, что не только решает массу экологических проблем, связанных с его хранением, загрязнением подземных вод и атмосферы, но и позволяет, получить ценные промышленные ресурсы.

Работы по реконструкции шламонакопителей № 1 и № 3 начинаются одновременно без нарушения технологического процесса предприятия.

### Шламонакопитель № 3

Правая часть будет освобождаться от накопившегося шлама, и реконструироваться, в левую часть выполняется складирование.

В первую очередь при работающем шламонакопителе отсыпается разделительная и ограждающая дамба аналогичной конструкции, принятой в варианте № 1, за исключением отметки гребня она составляет 278,60 м.

Отметка верха дамбы определена в зависимости от объема складирования шламов в течение 2 лет и превышения над уровнем заполнения равного 1,00 м.

При реконструкции правой части шламонакопителя, в первую очередь, выполняется осушение чаши путем полного опорожнения части шламонакопителя через водобросной колодец. Вода осушаемой части подается на завод.

Далее выполняется наращивание ограждающей дамбы из суглинка до отметки 278,60 м при существующей отметке гребня 275,00 м, высота наращивания составит 3,60 м. Ширина дамбы по гребню – 5,00 м.

Для выполнения работ по устройству экрана необходимо дать время для просушки. После осушения шлама выполняется выемка шламов правой части шламонакопителя с вывозом их в шламонакопитель № 1. Выемка шлама выполняется до отметки 265,00 м.

Противофильтрационный экран выполняется по существующей после выемки поверхности шламов с подготовительным и защитными слоями. Подготовительный слой выполняется отсыпкой песчаного грунта слоем 0,50 м, поверх песчаного грунта укладывается геомембрана. Над геомембраной выполняется защитный слой из суглинистого грунта толщиной 0,50 м из условия работы техники по геомембране. Гребень дамбы крепится щебнем

0,20 м. Продольный разрез по оси шламонакопителя № 3 приведен на рисунке 3.15.

После ввода в работу правой части в левой части выполняем:

Осушение левой части. После осушения шлама выполняются работы по устройству экрана.

Противофильтрационный экран выполняется аналогичной конструкции, принятой в правой части шламонакопителя.

Общий объем вынутых сухих шламов из шламонакопителя № 3 и заскладированных в шламонакопителе № 1 составит около 550 тыс.м<sup>3</sup>, данный объем шлама можно отправить на повторную переработку, что значительно увеличивает рентабельность данного метода.

Суммарный объем складирования в шламонакопитель № 3 составит 1 010 тыс.м<sup>3</sup> в течение 10 лет, при этом 215 тыс.м<sup>3</sup> складировается в течение 2 лет в левую часть шламонакопителя № 3 в период реконструкции правой части. После завершения полной реконструкции шламонакопителя время использования данного накопителя составит 8 лет в течение которых в него будет заскладировано отходов в объеме 795 тыс.м<sup>3</sup>.

Кривые объемов и площадей шламонакопителя № 3 приведены на рисунке 3.11.

Продольный разрез по оси шламонакопителя № 1 приведен на рисунке 3.15.

План-схема шламонакопителей после проведенных мероприятий приведена на рисунке 3.13.

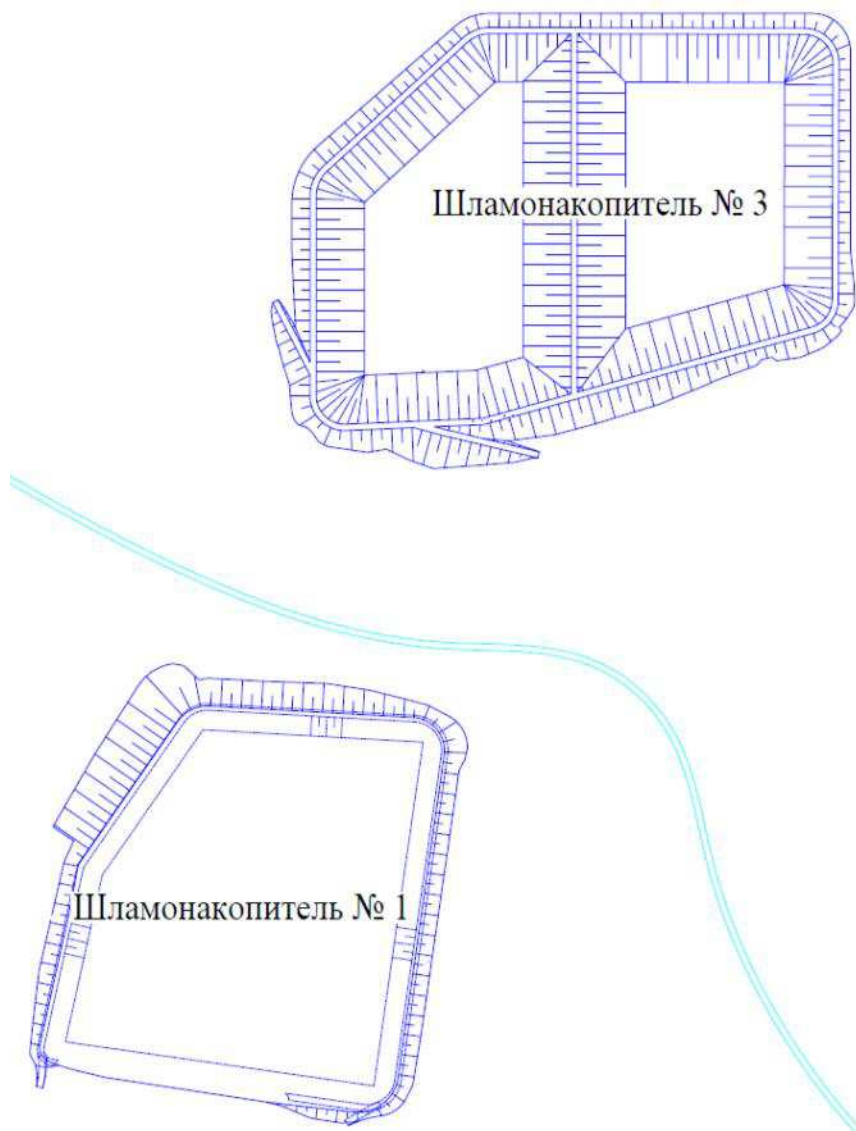


Рисунок 3.13 – План-схема шламонакопителей при третьем варианте реконструкции.

### 3.4 Вариант № 4

В варианте № 4 рассматривается возможность строительства нового шламонакопителя № 4.

Новый шламонакопитель является источником негативного воздействия на окружающую среду. На площадке строительства будут вырублены деревья, нарушена флора, загублена почва, возможно будет нарушен видовой состав растений, а также при прорыве пленки высока вероятность загрязнения грунтовых вод и т.д.

Данный вариант не является реконструкцией и рассматривается только для сравнения его с другими вариантами.

В первую очередь перед строительством шламонакопителя № 4 необходимо нарастить дамбы для других шламонакопителей в связи с тем, мероприятия по реконструкции рассматриваются без нарушения технологического процесса производства и проходят параллельно работе завода.

Строительство шламонакопителя № 4 начинается с подготовки территории. При этом снимается растительный грунт.

Шламонакопитель строится в полувыемке - полунасыпи. По контуру шламонакопителя возводится дамба из суглинистого грунта. Высота дамб от 4,00 до 12,00 м в зависимости от топографических условий строительства. Глубина шламонакопителя предположительно составляет 18,10 м. Длина дамбы по гребню 1 152,00 м, ширина 5,00 м, отметка гребня 280,60 м. Отметка конечного заполнения шламонакопителя равна 279,60 м, что на 1,00 м ниже гребня дамбы.

Из опыта эксплуатации заложение низового откоса принято по условиям его устойчивости 1:2. Заложение верхового откоса 1:3 принято из условия предотвращения сползания противоперфорационного экрана, выполненного из полимерной геомембраны, экранирующей дно и откосы дамб, в целях

Завершающим этапом работы шламонакопителя № 4 является рекультивация нарушенных земель.

Цель рекультивации – приведение земель, нарушенных в результате деятельности шламоудаления, в состояние, пригодное для использования в качестве земель природоохранного назначения.

По условиям производства работ землевание поверхности шламонакопителя предусматривается выполнить слоем потенциально плодородного грунта толщиной 0,50 м. Распределение потенциально плодородного слоя выполняется бульдозером.

План-схема шламонакопителей после проведенных строительства нового накопителя приведена на рисунке 3.17.

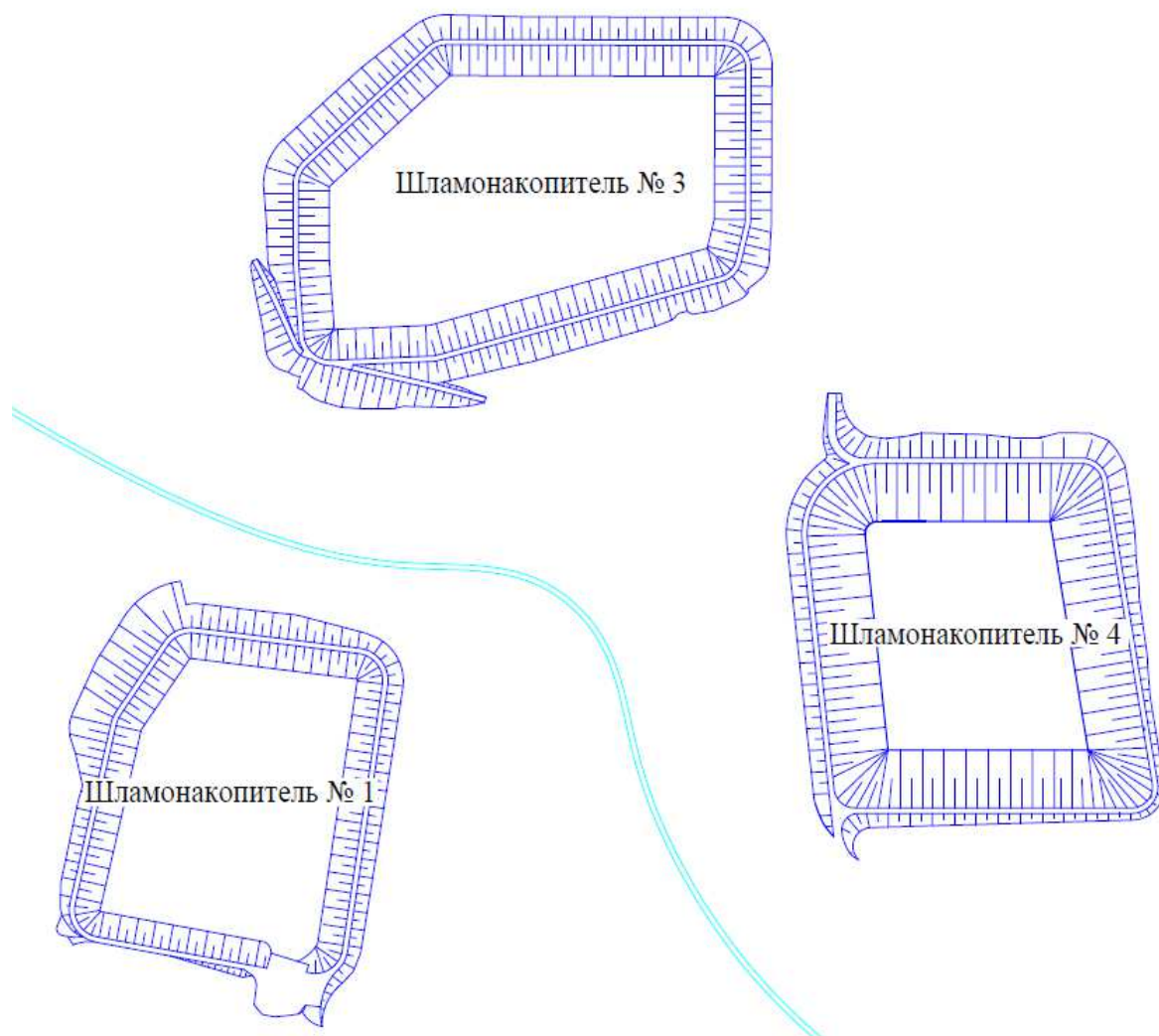


Рисунок 3.17 – План-схема шламонакопителей при четвертом варианте реконструкции.

#### 4 Экономический анализ мероприятий по реконструкции шламонакопителей

Для оценки рентабельности проведения мероприятий по реконструкции шламонакопителей или строительства нового выполнен сметный расчет основных видов работ по вариантам 1-4.

Сметная стоимость варианта 1-4 приведена в таблицах 4.1-4.4.

Таблица 4.1- Стоимость реализации варианта 1

Наименование работы	Стоимость, млн. руб
<b>Шламонакопитель № 1</b>	
Устройство разделительной дамбы	75,71
<i>Правая часть до отметки 279,30 м</i>	
Наращивание дамб	15,50
<i>Левая часть до отметки 284,20 м</i>	
Осушение	-
Наращивание дамбы с крепление откосов и гребня	36,83
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	31,40
<i>Правая часть до отметки 284,20 м</i>	
Осушение	-
Наращивание дамбы с крепление откосов и гребня	15,16
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	34,55
Рекультивация	4,97
<b>Шламонакопитель № 3</b>	
Устройство разделительной дамбы	63,92
<i>Левая часть до отметки 279,30 м</i>	
Наращивание дамб	16,01
<i>Правая часть до отметки 284,20 м</i>	
Осушение	-
Наращивание дамбы с крепление откосов и гребня	46,47
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	45,85
<i>Левая часть до отметки 284,20 м</i>	
Осушение	-
Наращивание дамбы с крепление откосов и гребня	17,37
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	48,97
Рекультивация	6,64
<b>Всего:</b>	<b>459,34</b>

Таблица 4.2- Стоимость реализации варианта 2

Наименование работы	Стоимость, млн. руб
<b>Шламонакопитель № 1</b>	
Осушение	-
Наращивание дамбы с крепление откосов и гребня	46,41
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	67,90
Рекультивация	5,06
<b>Шламонакопитель № 3</b>	
<i>1 этап реконструкции</i>	
Наращивание дамб	25,50
<i>2 этап реконструкции</i>	
Осушение	-
Наращивание дамбы с крепление откосов и гребня	47,65
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	68,43
Рекультивация	7,26
<b>Всего:</b>	268,21

Таблица 4.3- Стоимость реализации варианта 3

Наименование работы	Стоимость, млн. руб
<b>Шламонакопитель № 1</b>	
Осушение	-
Наращивание дамбы	24,76
Рекультивация	6,20
<b>Шламонакопитель № 3</b>	
Устройство разделительной дамбы	10,52
<i>Левая часть до отметки 278,60 м</i>	
Наращивание дамбы	12,55
<i>Правая часть до отметки 278,60 м</i>	
Осушение	-
Наращивание дамбы с крепление откосов и гребня	24,97
Вывоз шлама в карту № 1	12,24
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	45,20
<i>Левая часть до отметки 278,60 м</i>	
Осушение	-
Вывоз шлама в карту № 1	15,12
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	48,11
Крепление откосов и гребня и дамбы	17,00
Рекультивация	8,03
<b>Всего:</b>	224,71

Таблица 4.4- Стоимость реализации варианта 4

Наименование работы	Стоимость, млн. руб
<b>Шламонакопитель № 1 и 3</b>	
Наращивание дамб	55,80
<b>Шламонакопитель № 4</b>	
Вырубка леса	30,10
Разработка грунтов	25,60
Устройство ограждающих дамб	60,20
Устройство экрана с подготовительным и защитным слоем	90,10
Рекультивация	10,90
<b>Всего:</b>	<b>272,60</b>

Как видно в приведенных выше таблицах из вариантов 1, 2, 3 наибольшую стоимость строительно-монтажных работ имеет вариант № 1, это обусловлено наличием высокой разделительной дамбы в каждом из накопителей. Это мало того, что приводит к увеличению стоимости СМР на величину самих разделительных дамб, но и вынуждает к возведению более высоких ограждающих дамб для обеспечения большей емкости.

Вариант № 2 не многим дороже варианта № 3 и дешевле варианта № 4, но сложен в реализации ввиду того, что на шламонакопителе № 3 необходимо проводить реконструкцию в два этапа, что усложняет его эксплуатацию.

Наименьшую стоимость строительно-монтажных работ имеет вариант № 3. Данный вариант имеет преимущества в стоимости по сравнению с остальными вариантами ввиду отсутствия высокой разделительной дамбы и отсутствия этапов реконструкции.

Вариант № 4 по стоимости выгодно отличается от варианта реконструкции № 1, но имеет сопоставимую стоимость с вариантом № 2.

Из приведенных данных можно сделать вывод о рентабельности 3 варианта реконструкции. Данный вариант реконструкции является самым экологически чистым ведь под его реализации не нужно выделять дополнительных земель, вырубать леса. В то время как укладка пленки поверх отходов только улучшит состояние грунтовых вод.



Шлам вынутый из шламонакопителя № 3 и складированный в шламонакопитель № 1 может быть повторно переработан.

Повторная переработка шлама продлевает срок службы шламонакопителей, снижает воздействия тяжелых металлов на экологию, снижает цену и повышает рентабельность данного мероприятия по реконструкции шламонакопителя.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований были рассмотрены 3 варианта реконструкции существующих шламонакопителей и один вариант постройки нового.

Были рассмотрены следующие варианты:

Вариант 1 – одновременное наращивание шламонакопителей № 1 и № 3 с разделительной дамбой и устройством полимерного экрана, без удаления шламов;

Вариант 2 – поочередное наращивание шламонакопителей № 1 и № 3 без разделительной дамбы и удаления шламов, с устройством полимерного экрана;

Вариант 3 – наращивание дамб шламонакопителя № 1 для складирования шлама из шламонакопителя № 3, с последующей его рекультивацией. Незначительное наращивание дамб шламонакопителя № 3 с разделительной дамбой и удалением шлама, с устройством полимерного экрана;

Вариант 4 - устройство нового шламонакопителя № 4 для складирования всех видов отходов в одну емкость с использованием полимерного экрана.

Для вариантов выполнено сравнение по стоимости СМР, приведенное в таблицах 4.1- 4.4.

Каждый из рассмотренных вариантов обеспечивает нормальную, безаварийную эксплуатацию сооружений. Конструкция возводимых грунтовых сооружений показала свою надежность при эксплуатации накопителей жидких и твердых отходов производства.

Все мероприятия, проводимые при реконструкции, соответствуют СП и ГОСТ, а также экологическим требованиям. При реконструкции шламонакопителей в основании обязательно укладывается геомембрана которая защищает грунтовые воды от загрязнения. После завершения эксплуатации шламонакопитель обязательно должен быть прокультивирован для восстановления нарушенных площадей и предотвращения вредного влияния на окружающую среду.

Все предложенные варианты реконструкции никак не нарушают работу завода и реконструкция может проходить параллельно его работе.

Каждый из вариантов реконструкции имеет право на свое существование, но только вариант № 3 значительно выгоднее строительства нового шламонакопителя. Как в варианте № 3 так и в варианте № 4 свободной емкости для складирования получается 1 010 тыс.м<sup>3</sup>, однако при строительстве нового шламонакопителя размер капитальных вложениях возрастает на 20 %. Так-же для варианта 4 никак не учтен наносимый экологический вред. При строительстве нового объекта необходима вырубка леса, удаление почвенно-растительного слоя, а также в случае разрыва пленки возможно загрязнения грунтовых вод.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богданов А.В., Шпейзер Г.М. Ресурсосберегающая технология рекуперация отходов производств целлюлозно-бумажной промышленности // Фундаментальные исследования. – 2005 г. – № 1. – 47-48 с;
2. Волынкина Е. П. Развитие концепции управления отходами и разработка методологии ее реализации на металлургическом предприятии: автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.16.07 / Волынкина Екатерина Петровна; [Место защиты: Моск. гос. ин-т стали и сплавов]. - Новокузнецк, 2007. - 44 с.
3. Иванова М. А. Рекуперация коллоидных осадков карт-шламонакопителей ОАО Байкальского ЦБК: диссертация ... кандидата технических наук: 25.00.36. - Иркутск, 2002. - 155 с.
4. Фролов А. Н. Комплексный подход к оценке состояния поверхности намывных золошлакоотвалов в различные периоды года : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.07, 05.23.16 / Фролов Андрей Николаевич; [Место защиты: Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники им. Б.Е. Веденеева]. - Санкт-Петербург, 2011. - 177 с.
5. Балацкая Н. В. Складирование золошлаковых отходов тепловых электростанций в насыпных золоотвалах: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.14.01 / Краснояр. гос. техн. ун-т. - Красноярск, 2005. - 119 с.
6. Омелаев Т. Ю. Инженерная защита грунтовых вод от загрязнения фильтратом из накопителей золошлаков, устраиваемых в песчаных грунтах: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.23.07 / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. - Новочеркасск, 2002. - 135 с.
7. Ищенко А. В. Обоснование рациональных конструкций противofильтрационных устройств гидротехнических сооружений: диссертация ... доктора технических наук: 05.23.07 / Ищенко Александр Васильевич; [Место защиты: ОАО "ВНИИГ"]. - Новочеркасск, 2010. - 350 с.

8. Глебов В. Д. Полимерные пленочные противofильтрационные конструкции грунтовых гидротехнических сооружений В. Д. Глебов; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т гидротехники им. Б. Е. Веденеева. - Ленинград: ВНИИГ, 1982. - 417 с. Кандидатская диссертация

9. Щиренко, А. И. Технология растительных мелиораций рекультивируемых золоотвалов на примере второй секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС : автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.01.02 / Щиренко Александр Иванович; [Место защиты: Новочеркас. гос. мелиоратив. акад.]. - Новочеркасск, 2010. - 163 с.

10. Е. Понизовкина. Метаморфозы красного шлама// Наука Урала. 2014. № 10 (1099). С. 4–5.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра «Гидротехнических сооружений и гидравлических машин»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.А. Андрияс  
подпись инициалы, фамилия

« 02 » 07 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ  
ШЛАМОНАКОПИТЕЛЕЙ И АНАЛИЗ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

08.04.01 - Строительство

08.04.01.12 - Гидротехническое строительство

Научный  
руководитель



подпись, дата

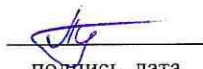
доцент кафедры ГТС и  
ГМ Саяно-Шушенского  
филиала СФУ, канд.  
техн. наук

должность, ученая степень

В.Б. Затеев

инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

В.С. Тапоев

инициалы, фамилия

Рецензент



подпись, дата

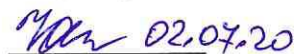
начальник  
гидротехнического  
отдела АО «СибВАМИ»  
ОП в г. Красноярске

должность, ученая степень

Н.Р. Папко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер



подпись, дата

А.А. Чабанова

инициалы, фамилия

Саяногорск, Черемушки 2020