МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский Государственный Университет» (ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

На правах рукописи

Нижегородцев Евгений Иванович

Обоснование технологических параметров фильтрации оборотной воды волокнистыми материалами при гидромеханизированной разработке золотоносных россыпей

Специальность 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)

Диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель доктор технических наук, профессор В. М. Герасимов

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	
Глава 1. Аналитический обзор, состояние вопроса и задач	И
исследования14	ŀ
1.1 Минерально-сырьевая база золотоносных месторождений Восточно	й
Сибири	
1.2 Характеристика горных пород месторождений золота	,
1.3 Гидротехнические сооружения из горных пород при разработке золотоносны	ĺΧ
месторождений)
1.4 Оборотное водоснабжение при гидромеханизированной разработы	æ
золотоносных россыпей	i
1.5 Постановка задачи для исследования)
1.6 Анализ исследований по проектированию, эксплуатации и аварийност	'И
плотин на горных предприятиях	,
1.7 Применение дренажей в гидротехнических сооружениях	,
1.8 Волокнистые полимерные материалы	,
1.8.1 Функциональные характеристики и направление использовани	ſЯ
волокнистых полимерных материалов	,
1.8.2 Применение волокнистых полимерных материалов в гидротехнически	(X
сооружениях из горных пород	,
1.9 Моделирование в программной среде PLAXIS55	
1.10 Выводы	,
Глава 2. Экспериментальные исследования пластовых дренажей на основ	зe
волокнистых полимерных материалов59	,
2.1 Характеристика горных пород, применяемых при возведении плотин 60	,
2.2 Нагрузки от веса массива горных пород гидротехнического 58))
сооружения	,
2.3 Методика проведения испытаний)
2.3.1 Варианты конструкции дренажа из волокнистых полимерных материалов 66)

2.3.2 Принцип работы и конструкция экспериментальной установки для
исследования фильтрационных характеристик дренажа под давлением
2.3.3 Результаты проведенных испытаний
2.3.4 Исследование параметров сцепления элементов пластового дренажа 78
2.4 Выводы
Глава 3. Методика определения параметров многослойных устройств
управления на основе волокнистых полимерных материалов
3.1 Определение высоты слоя и уклона устройства управления фильтрацией с
учетом зависимости фильтрационного расхода от давления массива горных пород
сооружения
3.2 Определение общей устойчивости устройства управления фильтрацией из
волокнистых материалов с учетом наличия геомембран
3.3 Структура многослойной конструкции устройства управления
фильтрационными процессами
3.4 Фильтрационные процессы в теле плотины (дамбы) из горных пород 95
3.5 Фильтрационный расчет устройства управления фильтрацией на основе
волокнистых полимерных материалов плотины из горных пород на
водонепроницаемом основании
3.5.1 Методика расчета устройства из волокнистых материалов на
водонепроницаемом основании
3.6 Фильтрационный расчет устройства управления фильтрацией на основе
волокнистых полимерных материалов плотины из горных пород на водопроницаемом
основании
3.6.1 Методика расчета устройства управления фильтрацией из волокнистых
материалов на водопроницаемом основании
3.7 Определение сходимости результатов
3.8 Выводы

Глава 4. Реализация методики расчета пластовых устройств управления
фильтрационными процессами на ЭВМ. Технико-экономические аспекты выбора
конструкции устройства
4.1 Расчет устройств управления фильтрацией из волокнистых полимерных
материалов с помощью ЭВМ
4.1.1 Разработка программы расчета устройства из волокнистых материалов из
горных пород на водонепроницаемом основании
4.1.2 Разработка программы расчета устройства управления фильтрационными
процессами горных пород на водопроницаемом основании
4.2 Организация и технология выполнения работ
4.3 Технико-экономические показатели конструкции дренажа
4.4 Выводы
Заключение
Список литературы
Приложение 1. Результаты экспериментальных исследований
Приложение 2. Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ
Приложение 3. Акты об использовании результатов научной работы
Приложение 4. Блок-схемы программ для ЭВМ
Приложение 5. Расчет в программном комплексе PLAXIS

Введение

В последние годы идет постоянный рост потребления природных ресурсов по всему миру. Кроме того становятся актуальными вопросы малоотходности технологий добычи, снижение трудовых, материальных и энергетических затрат, а также уменьшение негативных влияний на окружающую среду. Открытая добыча полезных ископаемых, как правило, сопровождается существенными объемами земляных работ, что зачастую подразумевает гидротехнических сооружений из горных пород, таких как насыпь, плотина, дамба и т.д. Такие сооружения являются эксплуатируемыми и выполняют определенную функцию в процессе добычи – создание водных резервов, создание емкостей ДЛЯ хранения жидких отходов, организация водоподводящих сооружений, вскрытие с плотинами при дражной разработке и другие. От их технического состояния зависит безопасность и эффективность производства в Сохранение целом. ИΧ целостности И поддержание нормальной работоспособности является актуальным вопросом. Применение волокнистых полимерных материалов при возведении гидротехнических сооружений из горных пород решает такие задачи как: осущение заболоченных земляных участков, отведение дренажных и поверхностных вод, укрепление земляного покрова на склонах и откосах и многое другое. Кроме того, в настоящее время сложно представить строительство автомобильных и железных дорог, мостов, гидротехнических сооружений без использования различных комплекса тенденция обусловлена геоматериалов. Такая тем, что геосинтетические материалы обладают технологичностью, экономичностью, высокой водопроницаемостью, что позволяет применять их с целью управления фильтрационными свойствами и состоянием грунтов [9].

Полимерные геоматериалы представляют собой довольно обширную группу: геотекстиль различной плотности и технологий производства, различные георешетки, геокаркасы, геоматы, геомембраны и многое другое. Наибольшее

распространение при создании устройств управления фильтрационными процессами горных пород получили иглопробивные волокнистые материалы.

Геосинтетики применяются в транспортном, гидротехническом и гражданском строительстве. Они призваны создавать дополнительные слои: армирующий слой - усиливает дорожные конструкции транспортного назначения (откосы, насыпи, стоянки, фундаменты и т.д.), в основании которых используются слои из насыпных материалов; защитный слой - замедляет эрозию, предотвращает взаимопроникновения контактирующих слоев, решая тем самым проблему зеркальных трещин, которая свойственна старым дорогам; фильтрующий слой - замедляет проникание грунтовых частиц; дренирующий слой - ускоряет отвод воды; гидроизоляционный слой – уменьшает, а в некоторых вариантах и исключает приток воды в рабочие слои.

При возведении различных грунтовых сооружений достаточно важным является вопрос повышения деформативной устойчивости сооружения в целом.

Одной из главных причин аварий и повреждений плотин из горных пород является отрицательное воздействие на них фильтрационного потока воды, возникающего в теле плотины [1]. Поэтому при проектировании и строительстве таких сооружений особое значение имеет правильное определение фильтрационных характеристик, таких как фильтрационный расход воды, положение кривой депрессии и др [1].

Актуальность работы. Золотодобывающая отрасль играет важную роль в экономике Восточной Сибири и Дальнего Востока. Объем добытого золота постоянно растет. При этом большая часть золотодобывающих предприятий ведет добычу открытым способом. Разработка золотоносных месторождений характеризуется возведением различных гидротехнических сооружений из горных пород, выполняющими функции создания водных резервов, отстойников для гравитационного осветления технологической воды, накопителей жидких отходов, наиболее распространёнными из которых являются грунтовые плотины и дамбы. Такие сооружения работают в постоянном контакте с водой, что оказывает влияние на их устойчивость, имеются примеры возникновения

аварийных ситуаций на гидротехнических объектах. За последние 5 лет (2011-2016 гг.) зафиксировано порядка десятка аварийных ситуаций на водных объектах предприятий занимающихся открытой добычей золота в Забайкалье. Основными причинами этих аварий и повреждений сооружений являются: перелив воды через гребень плотин и ограждающих дамб; фильтрация воды через плотину или ее основание; деформации и оползание откосов дамб и плотин из горных пород; сейсмические импульсы и волновые воздействия [78]. В ходе административных расследований, плановых и внеплановых проверок контролирующими органами (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования) вынесены постановления о наложении штрафов в среднем 30...50 тыс. рублей в каждом случае возникновения аварий. В свою очередь, экологический ущерб в каждом отдельном случае находился в объеме 50... 260 тыс. рублей.

Для повышения устойчивости и снижения деформации массива сооружений на стадии возведения используются устройства фильтрационного управления в теле сооружения из природных и искусственных материалов, позволяющие свести к минимуму случаи возникновения аварийных ситуаций вследствие фильтрации воды через тело и основание гидротехнического сооружения. Отечественная промышленность предлагает ряд новых полимерных материалов, обладающих уникальными свойствами, использование которых позволяет создавать надежные и эффективные устройства на их основе. В этой связи обоснование параметров фильтрации оборотной воды: положения кривой депрессии, фильтрационного расхода воды через сооружение, уклона и высоты устройств из волокнистых полимерных материалов, а также создание методики расчета параметров с учетом размеров сооружений является актуальным.

Степень научной разработанности. Применение устройств для управления фильтрацией при возведении плотин на открытых золотоносных месторождениях остается проблемой, требующей разработки и внедрения технических решений, основанных на применении современных строительных материалов. Проблемами устройства сооружений из горных пород при оборотном водоснабжении занимались такие ученые как В.П. Березин, А.М. Бураков, В.М. Волкова, Г.В.

Железняков, Н.А. Калашник, М.В. Костромин, В.Г. Лешков, В.С. Литвинцев, Н.Г. Малухин, Ю.А. Мамаев, М.В. Нестеров, Г.А. Нурок, А.А. Ничипорович, Г.П. Пономарчук, А.В. Рашкин, Н.П. Розанов, Ю.В. Субботин, Б.Л. Тальгамер, К.Н. Трубецкой, В.Ф. Хныкин, Р.Р. Чугаев, С.М. Шорохов, В.П. Ягин, И.М. Ялтанец, и другие. В этом направлении работают ИПКОН РАН, Иргиредмет, ИГД ДВО РАН, ИрГТУ, ВНИИ-1, Институт теплофизики СО РАН, ВНИИГС ЦБНТИ Минмонтажспецстрой, МГГУ, МГРИ-РГГРУ, МГТУ, Санкт-Петербургский горный университет, ЗабГУ. Несмотря на изученность вышеперечисленных проблем вопросу применения устройств для управления фильтрацией на основе современных полимерных материалов уделяется недостаточное внимание.

Объект исследования. Фильтрационный процесс в плотинах и дамбах отстойников оборотного водоснабжения гидромеханизированной разработки золотоносных россыпей.

Предмет исследования. Основные параметры фильтрационного процесса в плотинах и дамбах с использованием волокнистых материалов.

Цель работы. Научно-техническое обоснование основных технологических параметров процесса управления фильтрацией: расхода воды, положения кривой депрессии, уклона и высоты устройств управления фильтрацией с использованием волокнистых полимерных материалов при гидромеханизированной разработке золотоносных россыпей.

Идея работы. Оптимальное управление фильтрацией воды в плотинах и дамбах отстойников при гидромеханизированной разработке золотоносных россыпей достигается при использовании волокнистых материалов.

Задачи исследования

- 1. Выявление основных причин возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации плотин и дамб из горных пород систем водоснабжения гидромеханизированной разработки золотоносных россыпей на основании данных Управления Росприроднадзора по Забайкальскому краю.
- 2. Установление зависимостей влияния давления горных пород на угол уклона и высоту слоя волокнистых материалов, на величину сил сцепления сил

сцепления волокнистых материалов с горными породами, на фильтрационный расход воды на основе экспериментальных исследований.

- 3. Разработка новой фильтрационной модели, описывающей процесс фильтрации в сооружении из горных пород во взаимодействии с волокнистыми полимерными материалами, позволяющей оценить влияние устройства из волокнистых материалов на управление и параметры фильтрации оборотной воды из отстойников.
- 4. Установление рациональных параметров: угла наклона и высоты слоя устройств управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов во взаимодействии с горными породами, разработка методики их расчета на водопроницаемом и водонепроницаемом основаниях сооружений с применением ЭВМ.
- 5. Определение экономической эффективности с использованием волокнистых полимерных материалов с целью управления фильтрацией во взаимодействии с горными породами в условиях гидромеханизированной добычи россыпного золота.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

- 1. Установление зависимостей изменения фильтрационного расхода воды и сил сцепления волокнистых полимерных материалов с горными породами от внешнего давления, создаваемого массивом сооружения при гидромеханизированной разработке месторождений, что позволило обосновать оптимальные параметры устройств управления фильтрацией.
- 2. Построение фильтрационной модели (на основе метода конечных элементов) плотины с устройством управления фильтрацией на основе использования волокнистых материалов.
- 3. Разработка методики расчета основных параметров (высоты слоя и уклона) устройств управления фильтрацией горных пород на основе волокнистых полимерных материалов, позволяющая оптимизировать процесс проектирования плотин и дамб гидромеханизированных предприятий.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в следующем: установление зависимости изменения фильтрационного расхода воды, проходящей через волокнистый материал, от внешнего давления. Впервые установлены предельные значения уклона волокнистого материала в сторону нижнего бьефа. Практическая значимость состоит в следующем: определена эффективная, позиции рентабельности, трудозатрат, c результативности фильтрования структура устройства для управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных использования материалов параметрами высоты слоя и уклона. Получила развитие методика расчета изменения параметров фильтрации волокнистыми материалами в зависимости от внешнего давления, создаваемого массивом горных пород сооружения, данная методика расчета реализована в программах для ЭВМ (свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015612310, 2015615908). Основные результаты исследования приняты к использованию в качестве технических предложений на участках золотодобычи предприятий: ООО «Закаменск» (Республика Бурятия), ООО «Мангазея Майнинг» (Забайкальский край), использованы в учебном процессе Забайкальского Государственного «Основы горного дела», «Геотехнология Университета по дисциплинам открытая», это подтверждается актами об использовании результатов научной работы.

Методология и методы исследования. Поставленные задачи решены с помощью следующих методов: методы математической статистики для обработки экспериментальных данных с применением ЭВМ, моделирования фильтрационных процессов методом конечных элементов, технико-экономического прогноза применения предложенных решений.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. На основании математической фильтрационной модели разработана прогнозная оценка основных технологических параметров, влияющих на управление процессом фильтрации воды в сооружениях из горных пород с

помощью волокнистых материалов, позволяющая исключить суффозию и разрушительные фильтрационные деформации.

- 2. Оптимальные параметры фильтрации воды в массиве сооружения из горных пород основаны на закономерностях снижения фильтрационного расхода воды в устройствах с применением волокнистых полимерных материалов от давления горных пород: нелинейный характер при увеличении давления до 8 кПа и линейный выше 8 кПа, за счет особенностей деформирования волокнистой среды.
- 3. Эксплуатационная надежность сооружений из горных пород достигается оптимальным управлением фильтрацией воды волокнистыми полимерными материалами на основании методики определения основных параметров фильтрационных устройств с учетом веса массива горных пород.

Степень достоверности. Достоверность экспериментальных исследований подтверждена использованием средств измерений, прошедших государственную метрологическую поверку, соблюдением требований к чистоте эксперимента и оценке погрешностей.

Достоверность полученных зависимостей обеспечивается достаточным объемом аналитических, лабораторных исследований, применением современных способов обработки статистической информации на ЭВМ с доверительной вероятностью 93%; использованием систем математического моделирования (метод конечных элементов).

Достоверность методики расчета подтверждается высокой сходимостью результатов расчета с данными систем математического моделирования.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях: IV Международной научной конференции «Технические науки в России и за рубежом» (Москва, 2015г.); XL, XLI, XLII научно-практических конференциях студентов, магистрантов и аспирантов ЗабГУ (Чита, 2013, 2014, 2015 г.); на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ИрГТУ.

Личный вклад автора заключается: постановке цели и задач необходимого объема исследований, проведении экспериментальных обобщении исследований, анализе И полученных результатов, усовершенствовании ранее предложенной конструкции устройства управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов, а также методики определения параметров, формулировании выводов при составлении материалов публикаций и докладов.

Публикации: по материалам исследований опубликовано 10 научных работ в том числе, 5-в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 в журналах, сборниках научных статей, 2 в сборниках материалов научных конференций, 1 монография, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации: диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, библиографического списка из 115 наименований и приложений. Работа изложена на 138 страницах машинописного текста, содержит 55 рисунков, 22 таблицы, 6 приложений.

В первой главе диссертации изложен результат обобщения литературных источников о современном состоянии исследований в области технологии оборотного водоснабжения и возведения сооружений из горных пород предприятий гидромеханизированной золотодобычи, фильтрации, применении волокнистых полимерных материалов. Представлен анализ аварийности сооружений из горных пород золотодобывающих предприятий Забайкалья, установлены основные причины. Для описания процесса фильтрации в сооружении из горных пород и во взаимодействии с волокнистыми полимерными материалами выполнено моделирование в PLAXIS.

Во второй главе представлены основные результаты экспериментов по изменению фильтрационного расхода, параметров сцепления от внешнего давления, анализ и обобщение полученных данных в графической и аналитической форме, лабораторные установки, а также порядок проведения испытаний.

В третьей главе изложены результаты теоретических исследований фильтрационного процесса плотин из горных пород и волокнистых полимерных материалов, получившие дальнейшее развитие на основании полученных экспериментальных данных.

Четвертая глава посвящена методике определения основных параметров устройств для управления фильтрацией плотин на водопроницаемом и водонепроницаемом основаниях с помощью ЭВМ; выполнена оценка технико-экономической эффективности применения волокнистых полимерных материалов, технология их укладки в составе сооружений из горных пород предприятий открытой золотодобычи.

Глава 1. Аналитический обзор, состояние вопроса и задачи исследования

1.1 Минерально-сырьевая база золотоносных месторождений Восточной Сибири.

Примерно 90% запасов коренных месторождений золота расположено в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Месторождения россыпного золота сосредоточены, в основном, в следующих регионах: Чукотском автономном округе, Республике Саха (Якутия), Республике Бурятия, Магаданской, Иркутской и Амурской областях, Забайкальском, Хабаровском, Красноярском краях.

Минерально-сырьевая база золотоносных месторождений Иркутской области представлена россыпными и рудными месторождениями, расположенными в Байкальском, Восточно-Саянском регионах, а также Прибайкальском золотоносном районе [92]. Золотодобыча как ведущая горнодобывающая отрасль обеспечивает около 50% общего объема из расчета добытого минерального сырья [92]. Ежегодно добывается 14,5-15,5 тонн золота, в том числе рудного 4,2-4,8 тонн [92].

По запасам рудного золота (2350 тонн) Иркутская область занимает первое место по стране благодаря наличию месторождения «Сухой Лог» [92]. Помимо данного месторождения сегодня открыто еще 15 средних, из которых в работе находится только 3 (Высочайшее, Западное и Невское) с объемом годовой добычы менее 5 тонн [92].

Балансовые запасы золота Бурятии учитываются по 304 месторождениям, в числе которых 282 россыпных; 19 коренных, 1 техногенное и 2 комплексных. Основу минерально-сырьевой базы золота Бурятии составляют разведанные запасы месторождений Восточно-Саянского (44%), смежных Северо-Байкальского, Муйского и Икат-Багдаринского геолого-экономических районов, в которых сосредоточено 43% балансовых запасов республики, на Джидинский и Курба-Еравненский районы приходится 13%.

Балансовые запасы золота Бурятии заключенные в коренных месторождениях составляют 53,7 %. Среднее содержание золота в

разрабатываемых месторождениях составляет 16,2-21,7 г/т, в подготавливаемых к освоению — 7,3-21,6 г/т. Основная доля балансовых запасов рудного золота сосредоточена в таких месторождениях как Зун-Холбинское (Восточный Саян) и Ирокиндинское (Южно-Муйский хребет).

база Забайкалья Минерально-сырьевая обладает разведанными промышленными запасами довольно значительной номенклатуры полезных ископаемых. Край располагается на ведущем положении запасам молибденовых, медных, ванадиевых, урановых, титановых, плавикошпатовых, тантал - ниобиевых руд. Потенциальная ценность разведанных значительно превышает суммарную ценность всех остальных природных и основных фондов Забайкальского края. Вместе с тем, местность юго-востока края золота. Россыпные располагает значительными запасами месторождения 170 Золотодобыча Забайкалье эксплуатируются свыше лет. уже промышленных масштабах началась с 1832г., с разработки россыпного месторождения долины руч. Кучертай, притока р. Куэнга [35]. Россыпные и расположены месторождения, В следующих районах коренные Южно-Дарасунский, Чикойский, Балейский, Карийский, Могочинский и др. Сырьевая база россыпной золотодобычи представлена свыше 300 месторождениями, учтенными Государственным балансом. Как правило, это аллювиальные террасовые и пойменные россыпи, пригодные для открытой дражной и раздельной разработки. Объем золота в россыпях варьируют в широком диапазоне от нескольких десятков килограмм до десятков тонн. Самыми крупными россыпными месторождениями были Казаковское, Дарасунское, Ундинское, Урюмское. Сегодня отрабатываются Шахтаминское, обычно техногенные россыпи, однако, они содержат промышленные концентрации металла. В ходе поисковых работ обоснована россыпная золотоносность Каларского, Чарского, Муйского, Верхне-Олекминского, Калаканского районов. [69].

Таблица 1.1 – Показатели золотодобычи в Забайкальском крае [56]

	Отчетный период					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Объем добычи, кг	7285	7762	8319	9404	9811	11300

При открытой разработке месторождений Забайкальского края применяются дражные и гидромеханизированные способы. До 1960 дражная золотодобыча составляла 97% всего россыпного золота. Начиная с конца 1970-х роль дражных разработок в Забайкалье постепенно снизилась и в настоящее время драгами добывается всего 15-20% золота. Причины – многие россыпи относятся к трудноразрабатываемым из-за наличия многолетней и глубокой сезонной мерзлоты (85-90%), вовлечение в разработку глинистых, высокоглинистых и сцементированных месторождений (80-85%); недостаточный запас воды для работы драги в ранневесенний и позднеосенний периоды, некачественное предохранение дражных полигонов OT промерзания. Первые гидромеханизированные разработки в Забайкалье появились в середине 1960-х годов, объем золотодобычи составлял 3%. В настоящее время способом гидромеханизации добывается основная часть золота [35].

По данным GFMS Gold Survey 2015 Update 2 (Thomson Reuters) Россия в 2015 году заняла 3 место по объему золотодобычи (252,4 т) уступив Китаю (458,1 т) и Австралии (275,9 т) Рост по сравнению с предыдущим годом (2014г.) составил 1%.

В крае реализуется целевая программа «Геологическое изучение недр и воспроизводство минерально-сырьевой базы Забайкальского края», целью которой является устойчивое сбалансированное развитие минерально-сырьевой базы общераспространенных полезных ископаемых и подземных вод, удовлетворяющее текущий и прогнозируемый спрос промышленности и населения Забайкальского края. [70]

Таблица 1.2 – Запасы и ресурсы твердых полезных ископаемых Забайкальского края:

Полезные ископаемые	Ед. изм.	Кол-во объектов	Запасы А+В+С1+С2	Ресурсы P1+P2+P3
Золото рудное	КГ	55	968371	995300
Золото россыпное	КГ	351	96055	140000

Юго-восток Забайкальского края пределах Газимуро-Аргунского В междуречья является колыбелью горно-добычного дела Забайкалья. Именно здесь в XVIII в. добыто первое в России серебро, в последующем почти до конца XX в. этот район был поставщиком свинца, цинка, золота, серебра, плавикового шпата. Во второй половине прошлого столетия здесь подготовлена минерально-сырьевая база железа, молибдена, урана, угля; обоснованы предпосылки открытия новых месторождений меди, сурьмы, золота, железа и других полезных ископаемых. Деятельность созданного в 2005г. в Забайкалье геологоразведочного предприятия ООО «Востокгеология» позволила оценить перспективы развития региона как нового в России горнорудного центра: за 5 лет выявлено и разведано уникальное золотожелезомеднорудное Быстринское месторождение; открыто и оценено Култуминское месторождение; проведена переоценка аналогичное увеличением на 20%) крупнейшего в России Бугдаинского молибденового месторождения; оценены средние по запасам Лугиинское и Савкинское золоторудные месторождения. В пределах металлогенической зоны детально разведано подготавливаемое к освоению крупное Быстринское скарновое Запасы сконцентрированы на четырех участках; месторождение. содержание полезных компонентов по участкам колеблется: по меди от 0,39 до 0,92%, 0,43-0,98 Γ/T , железу магнетитовому -Государственным балансом на месторождении учтено по категориям В+С₁+С₂ меди более 2,2 млн.т., золота более 250т, серебра более 1100т, железа магнетитового около 75млн.т. Производительность проектируемого предприятия -10млн.т руды в год; товарная продукция - медный с золотом и серебром и железорудный (магнетитовый) концентраты [93].

Таким образом, горнодобывающая отрасль, в частности золотодобывающая отрасль, играет важную роль в экономике Забайкалья и всего Дальневосточного региона в целом. Развитие данной отрасли посредством применения новых ресурсо- и энергосберегающих материалов, технических решений, позволяющих сократить расходы капитального строительства и затрат на содержание горнодобывающих предприятий, является основной задачей, решением которой должно заняться научно-техническое сообщество Забайкальского края.

1.2 Характеристика горных пород месторождений золота

Большую часть россыпных месторождений Забайкальского края по условиям залегания относятся к третьей группе [4]. Такие россыпи обусловлены сложными геологическими условиями, высокой пораженностью многолетней и сезонной мерзлотой, распределением неравномерным металла, невыдержанными размерами по мощности и ширине, чередованием бедных и обогащенных участков. Основная часть запасов полезного ископаемого приурочена к долинным выраженный русловым россыпям современного типа, аллювиальными отложениями [66].

Цитологический месторождений, состав россыпных как правило, Плодородный представлен различными типами пород. верхний слой, представляющий собой гумусовые растительные остатки, имеет небольшую мощность, в диапазоне от 0 до 1 м и составляет в среднем 15...30 см. Пески представляют собой песчано-глинистые отложения с примесью ила и глины. Ближе к плотику содержание глин увеличивается. Глинистая порода представлена в основном группами гидрослюды и монтмориллонитами [8].

Промывистость глинистых частиц, равно как и их содержания в породе, меняется в широких пределах в границах месторождения [66].

Максимальное количество глины отмечается на участках примыкания боковых притоков. К примеру, на участках россыпи АО "Запсибзолото" (р. Чесноковка) количество глины в песках достигает 60 %, на участке "Забайкалзолото" (примыкания ручья Пильный в р. Кара) - 35 % [66].

Плотик россыпных месторождений представляется значительным разнообразием коренных пород (гранит, базальт, диорит, габбро) разной степени трещиноватости и нарушенности [66].

Валунистость россыпей находится в пределах от 0,2 до 10 % и обычно приурочено к тем участкам месторождений, которые расположенны в верховьях водотока [66].

Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодъяконова составляет 0,6...1,5 в талом состоянии, а в мерзлом - свыше 3 [66]. Коэффициент фильтрации пород зависит от гранулометрического состава, а также от объема глинисто-илистых включений и находится в пределах одной россыпи от 0,1 до 250 м/сут при этом среднее значение составляет 10...30 м /сут [66].

Для Забайкалья характерно всеобщее присутствие многолетнемерзлых грунтов, в свою очередь, по характеру распространения можно разделить на три категории [66]:

1) сплошное распространение, южная граница которого проходит немногим севернее г. Читы;

2)сплошное распространение с островками таликов, занимает центральную часть Забайкальского края;

3)островное распространение, охватывает южные и юго-восточные районы края.

Мощность залегания многолетнемерзлых пород изменяется в довольно широких пределах начиная от 1...8 м в южных районах края, до 500 м в северных. Глубина сезонного промерзания, вследствие незначительности снежного покрова, составляет порядка 3,5...5 м. На участках вечной мерзлоты, возможно слияние с нижним уровнем сезонного промерзания грунта.

Воды на площади россыпей подразделяются на три типа:

- -поверхностные,
- -порово-пластовые рыхлых отложений,
- -трещинно-жильные коренных пород.

Многие типы вод существенно сокращают свой дебит в холодный период года, особенно поверхностные и подземные надмерзлотные воды, в следствие перемерзания. Также сокращают свой расход и подрусловые воды. К примеру, надмерзлотные трещинные воды бассейна реки Дарасун сокращают дебит в период февраль - апрель в 4,5 раза, подмерзлотные аллювиальные воды - в 2,5...3,5 раза по отношению к максимальным летне-осенним дебитам [66].

1.3 Гидротехнические сооружения из горных пород при разработке золотоносных месторождений

Гидротехнические сооружения — это инженерные сооружения, с помощью которых осуществляются водохозяйственные мероприятия по использованию водных ресурсов и решаются специальные задачи различных отраслей народного хозяйства. По характеру воздействия на водный поток подразделяются на водоподпорные, регуляционные, водопроводящие. Водоподпорные сооружения служат для создания подпора и обеспечения возможности накопления чистой или отработанной технологической воды. К ним относятся плотины, преграждающие русла рек и создающие подпор воды, и дамбы, ограждающие территорию от затопления речными, озерными и морскими водами или служащие для накопления технологических в искусственных водоемах [101].

В состав гидротехнических сооружений горно-обогатительного комплекса и других горных предприятий входят [101]:

- 1)Плотины высотой 4-10 м для создания прудов, обеспечивающих передвижение и водоснабжение драг, а также отстойники гидромеханизированных комплексов;
- 2)Плотины типа водохранилищ высотой 10-20 м, сооружаемые для осветления воды, поступающей из промытых продуктов и отвалов работающих драг, или для регулирования расходов воды для водоснабжения горных предприятий;
 - 3)Водопроводящие сооружения для организации водоснабжения.

Существенное развитие системы разработки месторождений открытым способом с использованием гидротехнических сооружений из горных пород получили в работах Костромина М.В., Лешкова В.Г., Малухина Н.Г., Мамаева Ю.А., Рашкина А.В., Субботина Ю.В., Шорохова С.М., Ялтанца И.М., Тальгамера Б.Л., Трубецкого К.Н., Хныкин В.Ф. [100, 64, 39, 34, 93, 74, 3]. Большой вклад в технологию разработки россыпных месторождений с использованием грунтовых плотин и дамб внесли ИПКОН РАН, Иргиредмет, ИГД ДВО РАН, ИрГТУ, ВНИИ-1, Институт теплофизики СО РАН, ВНИИГС ЦБНТИ Минмонтажспецстрой, МГГУ, МГРИ-РГГРУ, МГТУ, Санкт-Петербургский горный университет, ЗабГУ. [95].

Значительный вклад в освоение технологий возведения плотин из горных пород внесли: Нестеров М.В., Розанов Н.П., Тальгамер Б.Л., Чугаев Р.Р., Ягин В.П. [78, 48, 91, 57-64].

Обилие грунтовых сооружений сопровождает открытые способы добычи полезных ископаемых, являющиеся основным в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Открытый способ добычи характеризуется тем, что отделение полезного ископаемого от горного массива и его дальнейшая транспортировка осуществляется по поверхности Земли.

Каждое горное предприятие нуждается в воде для производства. Вода расходуется в большом объеме на промывку песков. Также часто ее употребляют и на горных работах. Поэтому водоснабжение имеет исключительно большое значение в работе предприятия при всех способах разработок [95].

Существуют следующие способы водоснабжения в карьере: прямое (одноразовое использование воды); оборотное (кругооборотное использование воды) и с использованием грунтовых вод. Прямое применяется в большом водоеме (река, озеро) с практически неограниченным дебитом и постоянным горизонтом воды. При оборотном — осветленная вода возвращается в карьер самотеком по траншеям, а при невозможности ее возврата используют насосные станции [101].

Основным инструментом создания необходимых водных резервов и обеспечение достаточных емкостей для хранения жидких отходов являются различные дамбы и плотины. Обычно применяется дамбы и плотины, возводимые из местных горных пород. Широкое распространение грунтовых плотин и дамб объясняется следующими достоинствами: используются местные горные породы для возведения, объем затрат на добычу минимальны; такие плотины применимы в большинстве географических районов; горная порода, уложенная в тело плотины / дамбы, не меняет своих свойств с течением времени; грунтовые плотины и дамбы возможно строить практически любой высоты; большинство процессов при возведении высоко механизированы. Значительная часть из них составляют гидроузлы различного назначения [78].

По своему назначению плотины при разработке россыпей, подразделяются на два вида: плотины, регулирующие расход воды реки в месте водозабора, и плотины, возводимые на россыпном месторождении в целях обеспечения правильного ведения горных работ (подъем уровня воды в долине для обеспечения прохода драги ко всем участкам промышленной россыпи) [95].

Водохранилища, используемые в качестве резервуаров воды, при разработке россыпей, распространены на предприятиях при самых разных способах ведения работ. Для создания водохранилища возводят плотины с водосливом, перегораживая речную долину. Расположение водохранилища необходимо выбирать так, чтоб вода подходила к месту потребления самотеком. Вместе с тем следует снизить затраты на сооружение водохранилища необходимой емкости и иметь незначительные потери воды на просачивание [95].

Как правило, водохранилища устраивают в верховьях рек. Вследствие чего бывает проблематично получить водоемы большой емкости, так как падение долин значительно. Для снижения расходов на строительство плотин и увеличение объема водохранилища, плотины стараются расположить в узкой области долины, а под водоем отводят наиболее широкую ее часть. Тело плотины (обычно земляное) сооружают из имеющихся вблизи грунтов. Водослив монтируют из дерева со щитовым управлением [95].

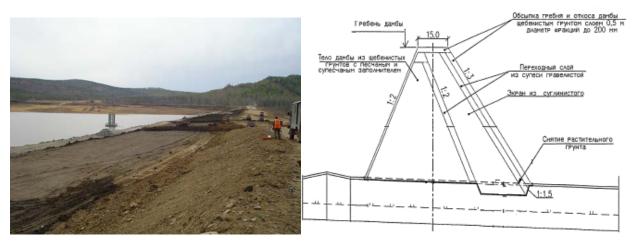


Рисунок 1.1 – Строительство водоудерживающей дамбы водохранилища на р. Государева ООО «ГРК Быстринское»

Потери воды неизбежны в любом водохранилище. Эти потери слагаются из испарений и просачивания воды в грунт основания и плотину (фильтрация) [95].

Величина потерь водохранилища из-за фильтрации воды зависит от типа пород, слагающих его чашу, условий их залегания и уровня грунтовых вод. Учесть такие расходы весьма сложно. В среднем по справочнику мелиорации и гидротехники потери принимаются равной 1-3 мм в сутки в лучшем случае по всей площади водохранилища; в плохих условиях 3-4 мм. Потери воды возможно снизить применить для покрытия ложа водохранилища глинистые породы, заиливают его, искусственно повышают мутность подводимой воды, и пр. [95].

Вода, приносит с собой ил в водохранилище, который оседает на дно и со временем заполняет большую часть объема. Данное обстоятельство необходимо принимать в расчет при определении полезной емкости водохранилища. Количество отлагаемых илов зависит от мутности воды, т.е. от количества твердых осадков, находящихся в воде во взвешенном состоянии, и от донных наносов, перемещаемых водным потоком по дну речки [95].

Донные наносы отлагаются в водохранилище полностью. В значительной части также оседают наносы, находящиеся во взвешенном состоянии. Известны случаи очень быстрого заиления крупных водохранилищ; так, одно из водохранилищ Дагестана с бетонной плотиной высотой 12м было занесено за 3 года; другое водохранилище в Средней Азии за 15 лет заилилось на 70% [95].

Возведение плотины в целях уменьшения ее первоначальной стоимости обычно ведется без учета полного заиления. При этом предусматривается возможность наращивания плотины по мере засорения водоема. Наиболее действенным способом борьбы с заилением является увеличение объема водохранилища, что, связано с сооружением более высоких плотин [95].

Плотину в составе водоподводящих сооружений устраивают в месте забора воды из реки водозаборной канавой. Сооружают ее с целью обеспечить поступление воды в канаву в необходимом количестве, вне зависимости от изменения уровня воды в реке. Для этого на ней имеются приспособления, позволяющие контролировать количество воды, поступающей в канаву, в зависимости от потребности горных работ. Помимо этого, плотина укрепляет место соединения водозаборной канавы с рекой, предохраняет канаву от размыва и разрушения во время весеннего паводка и после ливней [95].

Конструкция плотины, как правило, определяется следующим: сроком ее эксплуатации, водоносностью реки и характером грунта ее русла [95].

При дражной разработке, наряду с котлованным и перевалочным вскрытием, применяется вскрытие с плотинами [95].

Для обеспечения подхода драги к отдельным участкам россыпи, во время ее отработки уровень воды поднимают до необходимых отметок, возводя поперек долины ряд плотин. Подъем воды увеличивает подводную глубину черпания за счет уменьшения надводной высоты уступа. У плотин, возводимых на дражных заказах, имеется земляная насыпь и деревянный водослив, с помощью которого управляют расходом воды. Такой способ вскрытия позволяет разрабатывать глубину имеющие незначительную подводную черпания, россыпи, недостаточную для свободного маневрирования драги, а также россыпи с высоким надводным бортом. В отдельных долинных россыпях наблюдается значительный подъем плотика в поперечном направлении к увалам, вследствие чего подводная глубина черпания на участках, более близких к увалу, сильно уменьшается и делается недостаточной для работы драги. Разработка драгой

подобных участков возможна только с подъемом уровня воды посредством сооружения плотин [95].

Высота подъема уровня воды зависит от отметок плотика на участках, включенных в промышленные запасы, и наименьшей глубины водоема, достаточной для свободного маневрирования драги. Задаваясь наименьшей глубиной водоема, определяют необходимые отметки подъема уровня воды по отдельным разведочным линиям и наносят границы площади затопления. Окончательная высота подъема воды выбирается в зависимости от величины приращения запасов россыпи, вынимаемых драгой [95].

На россыпях со значительным уклоном долины вскрытие с плотинами может быть применено и в случаях ничтожных приращений запасов в увальных частях долины. При уклонах долины свыше 0,01 и небольшой мощности россыпи очень быстро уменьшается подводная глубина разреза. Это вызывается значительным понижением бортов в нижней части разреза и повышением плотика россыпи в верхнем конце. С увеличением уклона долины глубина водоема выклинивается быстрее, что требует очень частого расположения плотин. Поэтому значительно повышаются расходы по вскрытию месторождения [95].

Постройка плотин предотвращает утечку воды с верхних участков россыпи. Это имеет большое значение на россыпях, сложенных из пород, по которым вода легко просачивается, или же на нарушенных россыпях со старыми подземными работами или галечными отвалами [95].

Вскрытие с плотинами значительно облегчает разработку высоких надводных бортов, т.к. высота их уменьшается на величину подъема воды, и возможность подпирания кормы драги нижними отвалами соответственно уменьшается. При этом способе вскрытия основная часть площади дражного заказа покрывается водой [95]. Применение плотин позволяет более полно отрабатывать промышленные запасы, МОГУТ T.K. В ЭТОМ случае дополнительно освоены площади с малой подводной глубиной россыпи и плотиком, возвышающимся на 2-6 м выше меженного уровня воды в реке, а также площади с надводной мощностью россыпи до 10м [101].

Затопление поверхности участка создает в наших климатических условиях ряд значительных преимуществ в работе драги. Затопление предохраняет россыпи от промерзания, что делает излишним производить на затапливаемой площади дополнительных затрат на борьбу с промерзанием пород. Кроме того, затопление заказа облегчает работу драги в осеннее - весенний периоды в связи с отсутствием мерзлых пород, упрощает работы по креплению канатов. В итоге это сказывается на увеличении производительности драги [95].

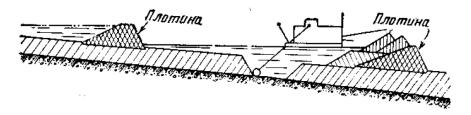


Рисунок 1.2 – Вскрытие с плотинами

Общее устройство плотины представлено на Рисунке 1.3. Долина россыпи перегораживается насыпью, обычно выполняемой из имеющихся вблизи песчанно - глинистых пород. Для пропуска через плотину излишней воды в насыпи устраивают водослив Рисунок 1.3.

Земляное тело плотины (Рисунок 1.4) в поперечном сечении приближается к неравнобокой трапеции. Верх – гребень плотины – обычно горизонтален и имеет небольшой боковой скат. Откос насыпи, обращенный в сторону пруда, называют мокрым откосом, он имеет заложение от 1:2,5 до 1:4. Противоположный откос выполняют более крутым с заложением от 1:1,5 до 1:2. Его называют сухим откосом. Под основание плотины зачищают дно ручья, а для уменьшения просачивания устраивают замок, углубленный до водоупорного горизонта, или забивают шпунтовый ряд. Замок стремятся заполнять утрамбованной глинистой породой. Тело плотины насыпается из имеющихся вблизи глинисто – песчаных пород. При этом стремятся водоупорные породы насыпать по мокрому откосу, наиболее крупную гальку – по сухому откосу. На рисунке 1.4 изображено желательное распределение различных пород в насыпи плотины [95].

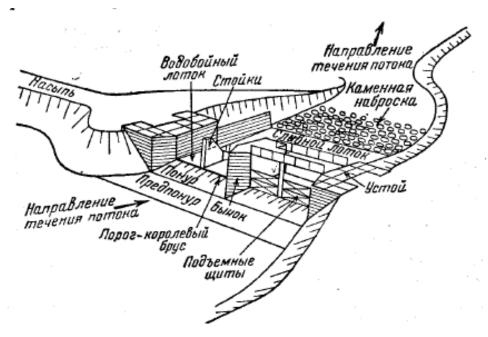


Рисунок 1.3 – Водослив плотины

Заложения откосов зависят от материала пород и от способа укрепления откосов. Материал пород определяет расположение в теле плотины кривой падения напора (депрессионная кривая), определяющая границу принудительного перемещения водных потоков по телу плотины. По Н.Н. Павловскому, эта кривая имеет сложную форму. Кривая падения напора ни в коем случае не должна выходить на сухой откос. Необходимо, чтобы она пересекала основание плотины, не доходя 4 м до основания сухого откоса [95].

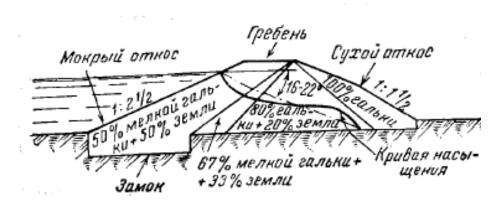


Рисунок 1.4 – Поперечное сечение земляной плотины

Тело земляных водоподпорных плотин выполняют, обычно, из мелкозернистых горных пород [1].

Для строительства грунтовых плотин могут использоваться дражные отвалы [44].

Насыпка земляного тела должна сопровождаться утрамбованием и поливкой или укаткой насыпаемых пород. Это делают при помощи катков или трамбовок [94].

Плотины, поостренные на дражных работах, разделяются на плотины со щитовым водосливом, плотины со свободным водосливом и упрощенные плотины, обычно называют перемычками, или перевалками [95].

Плотина со свободным водосливом. Такая плотина, построенная в 1942г. в северной части Среднего Урала, имела длину 806,5 м, наибольшую высоту насыпи 3м, предельный подъем воды над уровнем в ручье 2,3 м, над королем 1,4м. Тело плотины построено с наибольшим использованием старых отвалов, с которых снимался только верхний растительный слой. Под плотину был оставлен целик, не тронутый драгой, шириной около 50 м. Сечение насыпи плотины изображено на рисунке 1.5. Замка и шпунта земляное тело не имеет. Вследствие недостатка рабочей силы насыпь выполнена с более крутыми откосами, чем это предполагалось при начале строительства. Не сделан также глиняный настил на мокром откосе. Действительно выполненная насыпь изображена сплошной линией, проектные размеры нанесены прерывистой линией [95].

Общая кубатура насыпи определена в 22 тыс. м³. Из них 6000м³ должен был занимать глинистый настил мокрого откоса. Действительно насыпанный объем насыпи был меньше [95].

Недоделки в земляной насыпи доставляли значительные хлопоты в первый год работы. Вода сильно просачивалась через тело насыпи. Ввиду этого мокрый откос был досыпан глинисто-галечными породами. Для предотвращения сползания насыпи у основания сухого откоса заплетали плетень. В 1944г. вода просачивалась во многих местах, но без вреда для земляной насыпи. Запасная высота гребня, принятая в 0,2 м оказалась мала, и во время половодья насыпь подверглась значительной опасности размыва в случае дальнейшего увеличения притока воды [95].

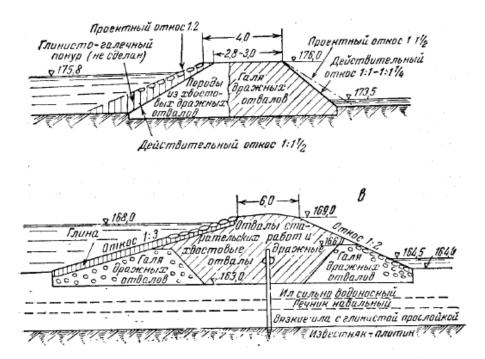


Рисунок 1.5 – Поперечное сечение земляной плотины

На рисунке 1.6 приведены упрощенные плотины, применяемые на речках (в местах водозабора) [95].

Набросная плотина возводится следующим образом. Вначале насыпают тело плотины из гальки. В дальнейшем досыпают мокрый откос речниками и глинистыми породами [95].

Упрощенные плотины применяются при незначительных сроках существования и небольших расходах воды [95].

Перевалками, или перемычками, называют простейшие плотины, водосливные сооружения, которые не позволяют управлять расходом сбрасываемой воды и уровнем воды в водоеме.

На рисунке 1.7 изображен простейший тип перевалки на козлах, применяемый на дражных работах на одной из речек северной части Среднего Урала.

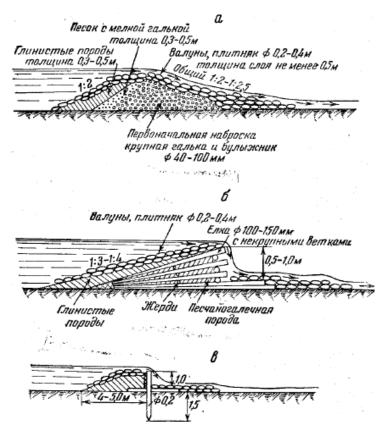


Рисунок 1.6 – Простейшие плотины



Рисунок 1.7 – Перевалка на козлах

Гидроотвал – гидротехническое сооружение, где происходят процессы приема гидросмеси, отделение из нее породы, осветление и удаление воды, рисунок 1.8. Гидроотвал сооружается, обычно сроком до 5 лет. Гидроотвал обычно состоит из дамб обвалования, упорной призмы, ядра, прудка-отстойника, отвальных пульпопроводов для передачи гидросмеси к месту намыва, водозаборных, водопропускных колодцев, водоотводящих каналов [101].

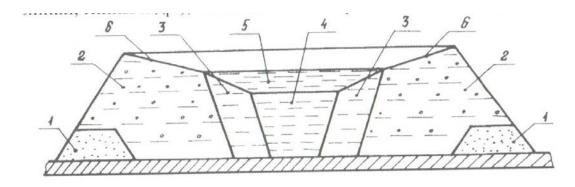


Рисунок 1.8 – Схема гидроотвала: 1-дамба начального обваловывания; 2упорные призмы; 3- промежуточные призмы; 4-ядро; 5- прудок-отстойник; 6пляж

Основные разновидности конструкций земляных плотин представлены на Рисунке 1.9

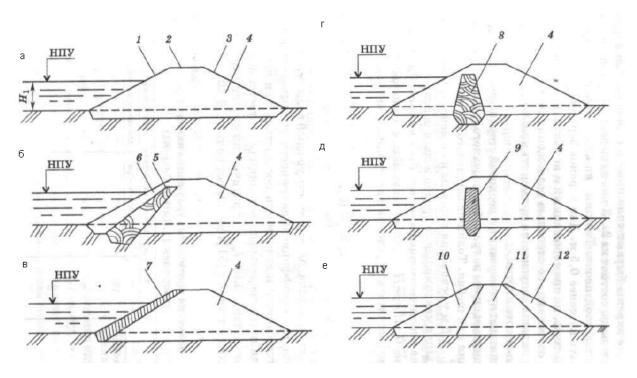


Рисунок 1.9 – Типы земляных плотин [5].

а-однородная; б-с пластичным экраном; в-с жестким экраном; г-с ядром; д- с диафрагмой; е-из разнородных пород; 1-верховой откос; 2-гребень плотины; 3-низовой откос; 4-тело плотины; 5-пластичный экран; 6-защитный слой; 7-жесткий экран; 8-ядро; 9-диафрагма; 10-суглинок; 11-супесь; 12-песок.

В соответствии с табл. Б.1 СНиП 33-01-2003 гидротехнические сооружения подразделяются на классы, таблица 1.3 [80]:

Таблица 1.3 – Классы гидротехнических сооружений.

Сооружения	Тип грунтов основания	Высота сооружений, м, при их классе			классе
		I	II	III	IV
1 .Плотины из грунтовых материалов	A	Более 80	От 50 до 80	От 20 до 50	Менее 20
	Б	Более 65	От 35 до 65	От 15 до 35	Менее 15
	В	Более 50	От 25 до 50	От 15 до 25	Менее 15

Грунты: A - скальные; Б - песчаные, крупнообломочные и глинистые в твердом и полутвердом состоянии; В - глинистые водонасыщенные в пластичном состоянии.

Гидротехнические сооружения, входящие в состав горных предприятий, в большинстве случаев, возможно, отнести к IV классу, а сооружения, составляющие углы ответственных систем водоснабжения горно-обогатительных комплексов - к III классу [101].

По способу возведения грунтовые дамбы и плотины подразделяются на две категории: насыпные и намывные [55]. В настоящей научной работе будут рассмотрены насыпные сооружения.

Также, следует различать тип горных пород основания, на котором располагается гидротехническое сооружение, ПО водопроницаемости Водопроницаемость – свойство горных пород пропускать воду; существует три водопроницаемые, полупроницаемые, водонепроницаемые группы: К (водоупорные). водопроницаемым горным породам относят сильнотрещиноватые скальные и полускальные породы, аллювиальные и другие проницаемые отложения - пески крупнозернистые, гравий, галечник и т.п. $(K\phi > 10 \text{ m/cyr});$ полупроницаемые лесс. глинистые супеси $(0,1 < K \phi < 10)$ слаботрещиноватые породы водонепроницаемые глины, монолитные скальные породы (Кф<0,1м/сут) [71].

Каждый тип конструкции гидротехнического сооружения выбирается в зависимости от значительного количества факторов: объема водоема, геометрических размеров сооружения, ландшафта, времени эксплуатации, состава грунтов, стоимости возведения и т.п. [102]. При открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых в возводимых плотинах и дамбах со

сроком эксплуатации 3-7 лет применяют типы А и В гидротехнических сооружений.

Для возведения насыпных плотин из горных пород используют местные грунтовые материалы, требования к которым представлены в СНиП 2.06.05-84* [81].

Опыты возведения и эксплуатации плотин и дамб в Забайкалье и на Дальнем отстойников составляющих систему каскада на дражных гидромеханизированных полигонах, показал, что строительство гидротехнических сооружений высотой до 10 м ведется из местных строительных материалов, в которых преобладают супеси и суглинки с коэффициентами фильтрации $10^{\text{-6}}\text{-}10^{\text{-8}}$ м/с и высокой суффозионной прочностью. Плотины имеют вид неправильной трапеции с шириной гребня не менее 3м. Фильтрационный поток поступает из водоема в тело сооружения, образуя криволинейную поверхность депрессии, на границах которой имеется равенство атмосферного и жидкостного давлений [9].

1.4 Оборотное водоснабжение при гидромеханизированной разработке золотоносных россыпей

Золотоносные россыпи Забайкалья приурочены большей частью к водоемам 1 категории водопользования. Маловодность водотоков и их природная чистота требуют применения оборотного водоснабжения с минимальным сбросом сточных вод, которые необходимо очищать от загрязнений до санитарных норм перед сбросом в водотоки [85].

На эксплуатируемых россыпных месторождениях Забайкалья, большей частью, отмечается положительный баланс водопотребления. Загрязненная вода в объеме сотен миллионов м³ в рабочих отстойниках должна проходить очистку от нефтепродуктов, взвешенных частиц и других загрязняющих веществ. Следовательно, усовершенствование технологии доочистки сточных и оборотных вод на дражных и гидромеханизированных разработках золотоносных россыпей

является одной из основных задач охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения [85].

Системы водоснабжения предприятий открытой разработки должны также включать новейшие технологии, устройства и способы, в целях обеспечения достижения экологической безопасности при ведении открытых горных работ за счет повышения эффективности доочистки технологической воды [85].

Современные схемы водопользования драг и гидромеханизированных установок по способу использования воды разделяют на прямоточные (с полным и частичным использованием свежей воды от источника), оборотно-прямоточные и оборотные [85].

Прямоточные схемы подразумевают, что вся технологическая вода после предварительной очистки сбрасывается в источник ниже проведения горных работ. Такие схемы, возможно применять в случае достаточного объема воды в природном источнике, когда вода в водоемах, ниже мест проведения горных работ, отвечает установленным требованиям санитарных норм от загрязнения сточными водами, а также при разработке легкопромывистых россыпей, где количество глинистых частиц размером менее 0,005 мм не превышает 5 % [85].

К схемам оборотно-прямоточных систем водоснабжения предъявляются аналогичные требования, как к прямоточным [85].

С точки зрения охраны окружающей среды, наиболее эффективной является схема оборотного водоснабжения (Рисунок 1.10), основанная на замкнутом цикле водооборота, что обеспечивает необходимую изоляцию проводимых горных работ от прилегающих водотоков. Такая схема позволяет значительно сократить негативное воздействие производственных факторов горных работ на экосистему, но при этом увеличивается степень загрязненности технологической воды [85].

При организации оборотного водоснабжения дражных полигонов и участков гидромеханизации наблюдается значительное накопление мелкодисперсных илисто-глинистых частиц, практически не поддающихся гравитационному осаждению в технологической воде рабочих отстойников (Таблица 1.4) [85].

Таблица 1.4 – Мутность воды, подаваемой на промывку, в зависимости от схемы водоснабжения (по В.П.Мязину)

Схема водоснабжения	Мутность воды, $M\Gamma/\Pi^3$
Прямоточная	30,0
Оборотно-прямоточная	9000,0
Оборотная	80000,0

В целях получения более точных расчетов гидравлической крупности частиц необходимо учитывать кинетику их накопления в течение всего промывочного сезона [85].

В ходе многократного водооборота изменяются физические характеристики технологической воды — вследствие чего, она становится более плотной и вязкой. После разрушения золотоносных песков изменяется химсостав воды, она насыщается примесями и элементами тяжелых металлов [85].

В результате многократного измельчения глинистые частицы переходят во взвешенное состояние и, находясь в постоянном движении, приобретают отрицательный электрический потенциал, что в последствие приводит к взаимному отталкиванию и увеличению периода отстаивания технологической воды [85].

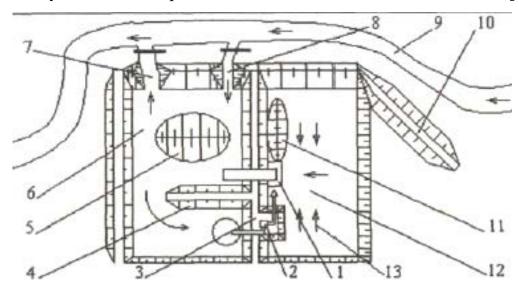


Рисунок 1.10 – Схема полного оборотного водоснабжения при гидромеханизированной разработке россыпей

1-промприбр; 2-насосная станция; 3-эфелеотбойная дамба; 4-разделительная дамба; 5-эфельный отвал; 6-отстойник; 7-аварийный водослив; 8-водозаводная канава; 9-руслоотводной канал; 10- руслоотводная плотина; 11-галечный отвал;

12-промышленный участок золотоносных песков; 13-направление движения бульдозера

Отстойники переполняются водой, поступающей атмосферными осадками, за счет таяния льда породах и притока грунтовых вод. Фильтрационные потери через водоудерживающие дамбы плотины сокращаются до минимума за счет их промерзания в холодный период и кольматации мелкими частицами в технологической воде. Таким образом, возникают аварийные ситуации – сбросы загрязненной технологической воды и наполнение рабочих отстойников свежей водой из водоисточников, иными словами осуществляется безлимитный водозабор [85].

Наибольшее распространение получил способ механической очистки воды. Он осуществляется, как правило, путем отстаивания и фильтрования загрязненной воды [85].

1.5 Постановка задачи для исследования

Основными задачами настоящего научного исследования является:

- 1. Выявление основных причин возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации плотин и дамб из горных пород систем водоснабжения гидромеханизированной разработки золотоносных россыпей на основании данных Управления Росприроднадзора по Забайкальскому краю.
- 2. Установление зависимостей влияния давления горных пород на угол уклона и высоту слоя волокнистых материалов, на величину сил сцепления сил сцепления волокнистых материалов с горными породами, на фильтрационный расход воды на основе экспериментальных исследований.
- 3. Разработка новой фильтрационной модели, описывающей процесс фильтрации в сооружении из горных пород во взаимодействии с волокнистыми полимерными материалами, позволяющей оценить влияние устройства из волокнистых материалов на управление и параметры фильтрации оборотной воды из отстойников.

- 4. Установление рациональных параметров: угла наклона и высоты слоя устройств управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов во взаимодействии с горными породами, разработка методики их расчета на водопроницаемом и водонепроницаемом основаниях сооружений с применением ЭВМ.
- 5. Определение экономической эффективности с использованием волокнистых полимерных материалов с целью управления фильтрацией во взаимодействии с горными породами в условиях гидромеханизированной добычи россыпного золота.

1.5 Анализ исследований по проектированию, эксплуатации и аварийности плотин на горных предприятиях.

Как было упомянуто выше, гидротехнические сооружения играют важную горно-добывающем роль при предприятии, будь TO водохранилища, шламонакопители, гидроотвалы, шлако и золоотвалы, накопителей жидких отходов и хвостохранилища и др., предназначенные для использования водных хранения жидких отходов и предотвращения их ресурсов, негативного воздействия [65, 89].

От качества возведения зависит работа всего предприятия, аварии на таких сооружениях могут причинить как значительный материальный ущерб, так и унести жизни многих людей.

Вопросами проектирования плотин занимались такие ученые как: Герасимов В.М., Костромин М.В., Рашкин А.В., Тальгамер Б.Л., Шорохов С.М., Ялтанец И.М.

Шорохов С.М. – описал применение плотин при россыпной добыче полезных ископаемых, разработаны основные схемы плотин в зависимости от назначения и гидрогеологических условий площадки [95].

Ялтанец И.М. – определена технология возведения грунтовых плотин средствами гидромеханизации, представлена классификация гидротехнических

сооружений по различным критериям, определены параметры откосов плотины в зависимости от слагаемого грунта [101, 102].

Костромин М.В., Рашкин А.В. – разработана технология предохранения горных пород от промерзания способом затопления с использованием грунтовых плотин, предложена технология снижения фильтрационных потерь через тело плотины химической кольматацией и с применением синтетических пленок [35, 74].

Тальгамер Б.Л. – предложил способ строительства гидротехнических сооружений, в частности водоподпорных насыпных земляных плотин, дамб и перемычек. Способ включает послойную укладку тела сооружения и уплотнение пород в слоях, формирование противофильтрационных и дренажных устройств[57].

Герасимов В.М. – предложены схемы применения волокнистых полимерных материалов в качестве устройств управления фильтрационными процессами плотин, при кучном выщелачивании, разработаны природоохранные мероприятия с применением полимерных материалов [9].

Каждая плотина требует постоянного наблюдения. Наблюдения ведут для того, чтобы своевременно обнаружить возникающие повреждения и устранять их, пока они не вызовут разрушения плотины [95].

Особенно внимательно необходимо осматривать плотины после сильных дождей, паводка и вообще в случае сильного увеличения количества воды, протекающей через плотину [95].

Во время осмотра плотины необходимо следить: не имеется ли просачивания воды на сухом откосе или местах сопряжения различных частей плотины; не видно ли трещин, просадок или выпучиваний на гребне или боковых откосах земляных частей плотины; правильно ли работают водосливные сооружения; не забиты ли проходы; нет ли просачиваний и размывов в низовых частях водослива [95].

Для устранения повреждений плотины вблизи нее должны находиться ремонтные строительные материалы: доски, бревна, мешки или кули с песком и различный инструмент [95].

Ряд построенных плотин имел весьма разнообразные повреждения. На одной из плотин в средней части Урала зимой вследствие промерзания гребня насыпи образовались горизонтальные трещины. Спуск воды с вышерасположенных плотин вызвал сильное увеличение просачивания воды, которое окончилось размывом значительной части земляной насыпи. На завал промоины ушло 26 тыс. м³ земли [95].

Плотина №15 на том же дражном заказе имела на отдельном участке значительный оползень сухого откоса. В этом месте мокрый и сухие откосы были досыпаны до заложения 1:6, однако дальнейший оползень был остановлен устройством у основания сухого откоса каменной насыпи высотой около 1-1,5м [95].

На одной из плотин в северной части Среднего Урала вследствие просачивания воды на сухом откосе образовался обвал шириной 7 м и высотой 5 м. Просачивание воды было остановлено забивкой на мокром откосе шпунтового ряда, досыпкой мокрого откоса и забивкой самого обвала глинистыми породами с постепенным переходом на песчаные породы и галю, по мере приближения к сухому откосу [95].

Опыт эксплуатации горнодобывающих предприятий имеет многочисленные примеры возникновения чрезвычайных ситуаций и аварий дамб и плотин, повлекшие значительный ущерб [28, 104, 105, 114, 115]. Некоторые данные по авариям приведены ниже.

За последние 5 лет (2011-2016 гг.) зафиксировано порядка десятка аварий и аварийных ситуаций на гидротехнических объектах предприятий Забайкальского края, занимающихся открытой добычей полезных ископаемых (ответ на запрос от Росприроднадзора по Забайкальскому краю № 03-22/1164 от 31.12.2015г.). Нанесен ущерб окружающей среде Забайкальского края за счет сброса сточных вод в реки Убыр-Шиния, Желтуга, Михайловский, Большая Трошиха, Малые

Кули, Эрен, Солонечная, Итака и другие. В ходе административных расследований, плановых и внеплановых проверок контролирующими органами (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования) вынесены постановления о наложении штрафов в среднем 30...50 тыс. рублей, общей суммой 308 тыс. рублей (Рисунок 1.12). Постановления о наложении штрафов вынесены по статьям 7.6 (самовольное занятие водного объекта или пользование им с нарушением установленных условий), 8.5(Сокрытие или искажение экологической информации), ч.4 8.13 (Нарушение правил охраны водных объектов), ч.2 8.14 (Нарушение правил водопользования) КОАП РФ [56].

В сентябре 2010, ООО «Старательская артель «Бальджа» в результате аварийной ситуации на гидротехническом объекте (отстойник) допустила сброс сточных вод в р. Убыр-шиния (р. Ашинга). Компенсационный ущерб, нанесенный рыбным запасам, составил 265 тыс. руб.



Рисунок 1.10 – Последствия аварии (загрязнение реки Убыр-шиния) на гидротехническом объекте предприятия ООО «Старательская артель «Бальджа».



Рисунок 1.11 – Последствия сброса сточных вод с отстойника в результате аварийной ситуации в р. Желтуга (2013 ОАО «Прииск Усть-Кара»)

В 2013г. в теле ограждающей дамбы хвостохранилища ООО «Жирекенский ферромолибденовый завод» произошел выход фильтрационных вод на пятом ярусе низового откоса (Рисунок 1.13). Предполагаемая причина — нарушение работы (состояния) водосбросного коллектора, появление выхода фильтрационных вод приурочено к началу периода остановки оборотного водоснабжения фабрики.

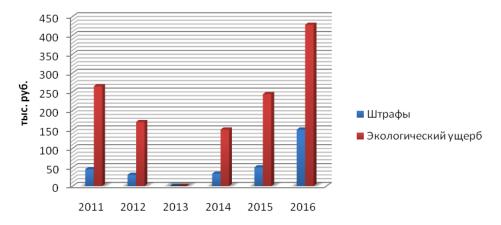


Рисунок 1.12 – Уровень экологического ущерба, причиненный окружающей среде в результате аварий (аварийных ситуаций) на водных объектах предприятий открытой золотодобычи Забайкалья (по данным Росприроднадзора по Забайкальскому краю).

По рекомендации ЗАО «Механобр инжиниринг» (г. Санкт-Петербург) были выполнены мероприятия — на низовом откосе ограждающей дамбы создана грунтовая дрена. В течение 2014 г. выход вод не наблюдался, в марте 2015 г. снова зафиксирован выход воды на низовой откос, связанный с частичной кольматацией (заиливанием) грунтовой дрены. В соответствии с предписанием РТН №81/07-21-2015 необходимо «проработать с проектной организацией вариант устранения выхода фильтрационного потока из нижнего бъефа низовой дамбы» [2].

29.08.2009г. произошел прорыв дамбы на Карамкенском хвостохранилище цианидов ставший поистине экологической катастрофой, смыто несколько домов, есть человеческие жертвы, ядовитые отходы попали в воды рек Хасын и Армань (Рисунок 1.14). Причиной трагедии стало отсутствие должных мер по

обустройству и поддержанию работоспособности объекта со стороны собственника и областной администрации [42, 26].



Рисунок 1.13 – Выход фильтрационных вод ограждающей дамбы ООО «Жирекенский ферромолибденовый завод»



Рисунок 1.14 — Прорыв дамбы на Карамкенском хвостохранилище. Магаданская область

10.1995г. на хвостохранилище Надеждинского металлургического завода при повышении уровня воды произошел прорыв отстойного пруда в нижний бьеф по грунтам основания (Рисунок 1.15), фильтрационные воды с высоким содержанием загрязняющих компонентов устремились в р. Енисей [26].



Рисунок 1.15 – Прорыв вод хвостохранилища Надеждинского металлургического завода. Норильский промышленный район.



Рисунок 1.16 – Авария на хвостохранилище в Колонтаре (Венгрия)

Таблица 1.5 – Аварии на хвостохранилищах

Наимено- вание	Местополо -жение	Дата авари и	Тип отходов	Причина аварии	Число пострад авших	Ущерб , тыс. долл.
Хвостохрани лище рудника «Эль-Кобре»	Центральн ая часть Чили, город Эль- Кобре	28.03. 1965	отходы переработки медно- никелевых руд	разрушение дамбы вследствие землетрясения	300	
Качканарское шламохранил ище	Россия, Свердловск ая область	02.11. 1999	отходы переработки железо- ванадиевых руд	прорыв дамбы в результате переполнения резервной емкости, в результате чего начали развиваться процессы фильтрации	-	>7
Карамкенское хвостохранил ище	Россия, Магаданск ая область	29.08. 2009	отходы переработки золото- серебряных руд (цианиды)	прорыв дамбы вследствие фильтрации через трещины	1 погиб, 2 пропали без вести, 11 семей остались без крова	
Шламонакоп итель ОАО «Аммофос»	Россия, Вологодска я область	11.05. 2010	отходы от производства азотно- фосфорных удобрений	появление в дамбе трещин (в результате просадки), по которым начали развиваться процессы фильтрации	-	>1
Абагурское хвостохранил ище	Россия, Кемеровск ая область	19.09. 2010	отходы переработки черных металлов	в результате переполнения хвостохранил ища отходами произошло разрушение дамбы	-	>0,5

Продолжение Таблицы 1.5

Шламохрани	Венгрия,	04.10.	отходы	прорыв дамбы	10	>120
лище завода	район	2010	глинозема	вследствие	человек	
inia, subsalu	Parisir	2010	101111100011111	Болодотыно	погибли,	
«MAL	города		(красный	фильтрации	более	
II	A 55				120	
Hungarian	Айка		шлам)	через	получил	
Aluminium»				трещины	И	
					серьезн	
					ые	
					ожоги	

Анализ аварий показывает, что они происходят в основном вследствие усиления фильтрации воды через массив ограждающей дамбы, оползневых явлений в гидроотвале, неисправной работы колодцев, нарушении схем намыва, перелива потока воды через гребень дамбы [101].

Основными причинами этих аварий и повреждений сооружений являются: перелив воды через гребень плотин и ограждающих дамб; фильтрация воды через плотину или ее основание; деформации и оползание откосов дамб и плотин из горных пород; сейсмические импульсы и волновые воздействия [48].

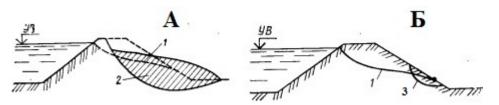


Рисунок 1.17 – Фильтрационные деформации.

А-Общее обрушение откоса; Б-Местный фильтрационный выпор.

1-Кривая депрессии, 2-оползающий грунт, 3-обрушающийся грунт

В целях снижения вероятности возникновения фильтрационных деформаций горных пород, слагающих сооружения, применяют поверхностные покрытия, дренажи, противофильтрационные экраны, диафрагмы и ядра [48].

Таким образом, пренебрежение технологией сопутствующих производств увеличивает трудозатраты горного производства, повышает стоимость добычи мин. сырья, повышает энергоемкость и ко всему прочему может привести к возникновению аварийных ситуаций.

В свою очередь, стоимость гидротехнических объектов, в среднем, составляет порядка 5-15% по отношению к общей стоимости объекта [83].

Применение обоснованных технических решений на основе современных материалов позволяет существенно снизить затраты на эксплуатацию грунтовых гидротехнических сооружений горнодобывающих предприятий.

1.7 Применение устройств управления фильтрационными процессами в сооружениях

Устройства управления фильтрационными процессами выступают неразрывной частью грунтовых гидротехнических сооружений и применяются в следующих целях [102]:

- -изменение положения кривой депрессии для повышения устойчивости «сухого» откоса;
- -отведение фильтрационной воды в нижний бьеф;
- -предотвращение фильтрационных деформаций.

В теле земляной плотины наблюдается фильтрация из верхнего бьефа в нижний. Устанавливается депрессионная поверхность. Ниже депрессионной поверхности грунт плотины насыщен водой. Выше депрессионной поверхности находится зона капиллярного поднятия воды. Высота этой зоны различна для разных грунтов. Положение поверхности насыщения в теле земляной плотины депрессионной кривой, устанавливаемой определяется расчетом. Для предотвращения выхода фильтрационного потока воды в зону промерзания монтируется устройство управления фильтрационными параметрами плотины [101].

Различные типы водопонижающих устройств систем гидротехнических сооружений включают фильтрационные элементы, в качестве которых применяются природные и синтетические материалы [9].

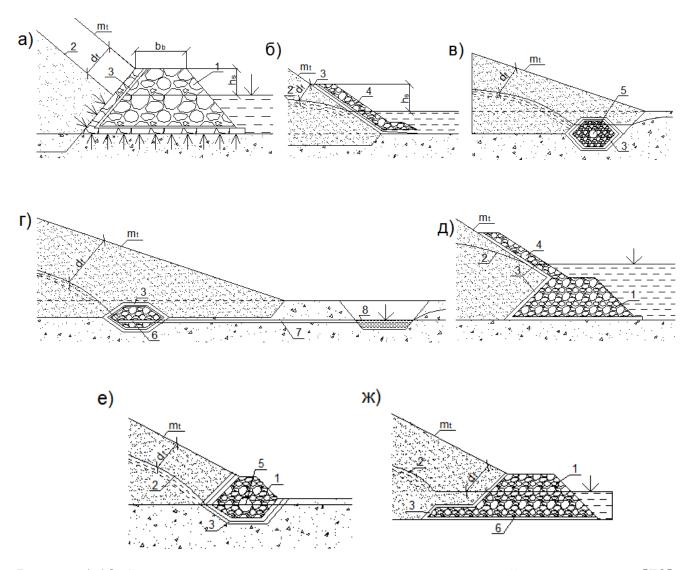


Рисунок 1.18-Схемы основных видов водопонижающих устройств в плотинах [78]. В русле: а-дренажный банкет; б-наслонный дренаж; на берегу: в-трубчатый дренаж; г-горизонтальный дренаж; д-ж-комбинированные дренажи; 1-дренажный банкет; 2-поверхность депрессии; 3-обратный фильтр; 4-наслонный дренаж; 5-труба; 6-дренажная лента; 7-отводящая труба;

8-отводящая канава; $d_{\scriptscriptstyle f}$ –максимальная глубина промерзания; $m_{\scriptscriptstyle t}$ – коэффициент низового откоса; $b_{\scriptscriptstyle b}$ – ширина банкета по верху.

1.8 Волокнистые полимерные материалы

1.8.1 Функциональные характеристики и направление использования волокнистых полимерных материалов.

Волокнистые полимерные материалы имеют достаточно широкое применение в различных отраслях хозяйственной деятельности человека, распространены при возведении земляных сооружений в авто и железнодорожном строительстве, жилищном строительстве, гидротехнических сооружениях горно-добывающих предприятий [9, 47].

Области применения геосинтетических материалов поистине велико:

- 1) Мелиоративное строительство:
- -защита дренажных коллекторов от заиливания;
- -повышение прочности и стойкости к проколам водонепроницаемых пленок при осуществлении работ по герметизации;
- -для укрепления берегов рек и каналов, дамб, пирсов и т. д;
- 2)Охрана окружающей среды:
- -для укрепления дна отстойников очистных сооружений;
- -в качестве фильтрующего материала для фильтров в химическом и гальваническом производствах;
- -в фильтрах для очистки воздуха от механических примесей;
- 3)Тротуары, уложенные бетонными плитами или мощеные камнем
- 4)Инверсионные и «зеленые» кровли
- 5)Дренажный геокомпозит.

Простота технологии производства, возможность использования низкосортного сырья, низкая себестоимость продукции является одной из предпосылок интенсивного роста производства геосинтетических материалов [37].

Детально процесс производства волокнистых полимерных материалов рассмотрен Герасимовым В. М. [10], Караськиным В. Т., Штейном В. Д. [96].

- В. М. Герасимов рассмотрел физико-механические свойства и характеристики волокнистых полимерных материалов, а также пути их создания с заданными параметрами [9].
- А. Г. Полуновский описал виды и способы производства геотекстильных материалов. Систематизировал физические характеристики материалов в

зависимости от способа производства и химического состава. Что позволяет в дальнейшем проводить исследования по функциональному применению тех или иных видов волокнистых полимерных материалов в зависимости от их физических характеристик [67, 68].

Волокнистые материалы выполняют следующие основные функции [97]:

- Разделение предотвращение перемешивания различных горных пород между собой. В следствие применения волокнистых материалов слои сыпучих пород песка, щебня, гравия долгое время сохраняют свои строительные свойства, и как следствие, увеличивается долговечность конструкции. Так же, функцию разделения можно использовать в дополнение к другим функциям.
- Изоляция предотвращение миграции газа или жидкости. Изоляционные свойства волокнистых материалов используются для защиты подземных сооружений и подвалов зданий от проникновения грунтовых вод, в гидротехническом строительстве для устройства прудов и каналов.
- Фильтрация задерживание частиц горных пород, которые под действием гидродинамических сил потока воды могут проникать или проходить через волокнистый материал. Эта функция материалов используется при создании дренажных систем. При этом волокнистые полимерные материалы по гранулометрическому составу грунтов, с целью предотвращения суффозионных процессов и кольматажа дренажной системы.
- Дренирование сбор и транспортировка поверхностных, грунтовых вод и/или других жидкостей волокнистыми материалами. Геотекстильные материалы, применяемые для таких целей, обычно, включают в себя дренирующее ядро и фильтр.
- Защита предотвращение или сокращение возможности местного повреждения отдельного элемента или материала конструкции благодаря применению волокнистого материала.
- Армирование увеличение несущей способности горной породы основания или грунтовых конструкций в ходе перераспределения напряжений, возникающих в них на геотекстиль.

- Защита от эрозии – применение геотекстиля для стабилизации подвижных грунтов или других частиц на наклонных поверхностях (поверхности откосов). Таблица 1.6 – Физико-механические свойства современных волокнистых полимерных материалов [1]

Наименов	Вид	Тип	Шири	Поверхност	Коэффици	Прочност	Относитель
ание	волокн	материал	на	ная	ент	ь при	ное
	a	a	полотн	плотность,	фильтрац	растяжен	удлиннение
			а, м	Γ/M^2	ии, м/сут	ии, Н/см	, %
Дорнит (Россия) Ф1 Ф2	поли- эфирно е	игло- пробивно й	2,5-5	400-600 400-500	70-120 80-150	90-100 50-70	60-80 80-100
Typar (CIIIA)	поли-пропилен	игло- пробивно й с термо- упрочнен ием	5	200	>50	100-120	60
Армодор (Россия)	поли- пропил ен	игло- пробивно й с термо- упрочнен ием	4	160	30-40	50-60	110-130
Меастаб-Д (Россия)	поли- эфирно е	игло- пробивно й	2	300	35-40	88	80
Терфил (Венгрия)	поли- эфирно е	игло- пробивно й с термо- упрочнен ием	4	350-500	>50	150-200	-

Несмотря на очевидные преимущества, для практического применения волокнистых полимерных материалов необходимо решить следующие проблемы: -предусмотреть разработку и освоение новых видов материалов различного назначения с учетом климатических условий;

- -разработать и утвердить номенклатуру показателей и характеристик волокнистых материалов на стадиях разработки, освоения и серийного выпуска, отразив это в нормативной документации;
- -выявить и утвердить в нормативной документации конкретные требования, предъявляемые к качеству волокнистых материалов, а также обоснованные числовые значения для показателей качества;

-провести сравнительную оценку качественных характеристик отечественных и импортных образцов волокнистых материалов различного назначения и различных условий применения;

-производителям волокнистых материалов организовать семинары и конференции с потребителями из различных отраслей.

Все это позволит увеличить объемы, номенклатуру волокнистых материалов и улучшить их качество для выпуска конкурентоспособной импорт заменяющей продукции, что становиться особенно актуальным в последнее время. [47]

1.8.2 Применение волокнистых полимерных материалов в сооружениях из горных пород

Фильтрационный поток воды в основании, а также в теле земляной плотины способен вызвать различные фильтрационные деформации грунта — суффозию, фильтрационный выпор грунта при выходе в нижний бьеф, контактные размыв и выпор. Сооружение должно быть запроектировано так, чтобы не возникало фильтрационных деформаций. Фильтрационные силы и положение депрессионной кривой следует учитывать и при расчетах устойчивости откосов грунтовых плотин [78]. В свою очередь, водопонижающее устройство является мощным средством управления фильтрационными потоками в теле и основании.

- В. Д. Казарновским, А. И. Склядневым созданы новые методики оценки влияния армирования на осадку подошвы насыпи, проведены лабораторные и полевые испытания подтверждающие данные методики. Предлагаемые методики позволяют оптимизировать проектирование армированных насыпей [27].
- Η. Коробков описал геотекстильные материалы применяемые В противоэрозионных экранах В северных условиях являются подстилающей объемной георешеткой, заполненной крупноскелетным грунтом либо торфопесчаной смесью. В ходе исследований установлена зависимость проницаемости геотекстильных материалов от скорости водного потока и от степени их деформации при всестороннем растяжении. При значительных неравномерных осадках оттаивающего основания возможно увеличение

водопроницаемости, что приведет к проникновению поверхностного водного потока под геоматериал и формирование термоэрозионной промоины под геотекстилем. Для исключения возможности такого явления выбор геоматериала должен проводиться с учетом его деформируемости и водопроницаемости, а также скоростей водного потока и степени растяжения под локальной нагрузкой [33].

Значительный вклад в область применения волокнистых полимерных материалов в гидротехнических грунтовых сооружениях горнодобывающих предприятий внесли: В.М. Герасимов, А.В. Рашкин, В.И. Рувинский [9, 10, 64]

- О. Ю. Лупачев, В. И. Телешев представили схемы применения геосинтетических материалов в гидротехнических сооружениях в качестве противофильтрационных элементов. Описаны результаты применения на гидротехнических сооружениях на реках Нарын, Карасу, хвостохранилище «Лунное», «Хакаджинское». Эксплуатация показала значительную эффективность применения геосинтетических материалов [40].
- В. М. Герасимов предложил схемы расположения плоских устройств на основе волокнистых полимерных материалов в грунтовых сооружениях [11, 64, 9]. Представленные схемы являются оптимальными вариантами пластовых устройств в массиве грунта сооружений (Рисунок 1.19).

Профессором В. М. Герасимовым в [12, 10, 9] была предложена система расчета плоских устройств из волокнистых полимерных материалов ярусного типа в теле плотин и дамб из горных пород.

Представленный расчет основан на уравнениях движения фильтрационного потока воды Н. Н. Павловского, законе А. Дарси, уравнениях Дюпюи [30]. Учитываются параметры гидротехнического грунтового сооружения: высота плотины, уровень воды в верхнем бьефе, заложения откосов, ширина гребня, удельный вес и коэффициент фильтрации грунта тела сооружения. При подборе материала пластового водопонижающего устройства учитываются его плотность и коэффициент фильтрации [9, 10].

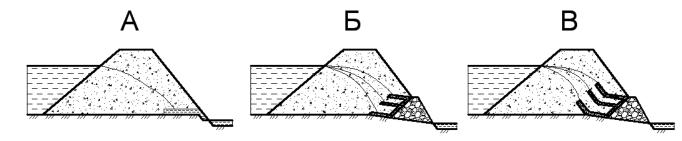


Рисунок 1.19 – Плотина с пластовым устройством из волокнистого материала [9]

А-горизонтальное расположение пластового устройства; Б-ярусное расположение в комбинации с дренажным банкетом и обратным фильтром; В-наклонное расположение в комбинации с дренажным банкетом и обратным фильтром

Также в расчете Герасимова В. М. учитывается изменение толщины материала под действием внешней нагрузки. Однако волокнистый материал представляет собой пористую среду, в свою очередь, давление оказывает влияние на размер пор материала, что, несомненно, сказывается на фильтрационных характеристиках, данный вопрос остается не учтенным. Необходимость проведения дополнительных исследований в области влияния давления на пропускную способность волокнистых полимерных материалов, обусловлена в первую очередь тем, что продольная водопроницаемость является основным показателем эффективности пластового устройства управления фильтрационными процессами.

Уклон пластового устройства рассчитывается по формуле В.С. Козлова [30], учитывающей фильтрационный расход, коэффициент фильтрации материала, длину устройства, высоту сооружения. Тем не менее, не заданы граничные значения уклона в сторону нижнего бъефа, а также не определена зависимость прочности сцепления от внешней нагрузки.

Однако область применения геотекстильных материалов не ограничивается лишь вышеперечисленными сооружениями, в настоящее время известны результаты применения при обустройстве нефте - газовых месторождений, в

гражданском и мелиоративном строительстве, что является достаточно веской причиной для развития данного вида полимерных материалов.

1.9 Моделирование в программной среде PLAXIS

В целях исследования влияния устройства из волокнистых материалов на фильтрационные процессы в теле искусственного сооружения из горных пород построена фильтрационная модель гидротехнического сооружения и выполнен фильтрационный расчёт (Ground water flow only). Фильтрация грунтовых вод – установившаяся – ground water flow(steady-state). Расчёт выполнялся в Plaxis 2D АЕ 2013. Программа Plaxis 2D АЕ 2013 представляет собой специализированную двухмерную компьютерную программу, основанную на методе конечных элементов (МКЭ), которая используется для расчётов деформации, устойчивости и фильтрации различных геотехнических объектов. Принятые модели и характеристики грунтов представлены в таблице исходных данных по грунтам Приложение 6. Геометрические размеры плотины представлены на Рисунке 1.20

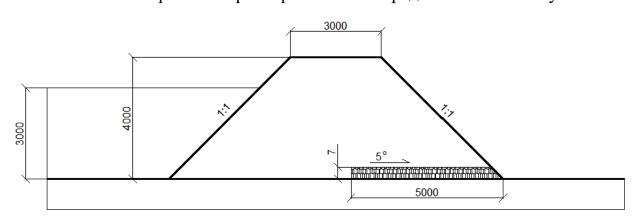


Рисунок 1.20 - Плотина

Пластовое устройство моделировалось с помощью элементов Drain (дрена) с указанием напора грунтовых вод во всех узлах дрены, равное h_2 =0,5м, т.е. в расчёте фильтрации поровое давление по линии дрены снижается до значения давления, эквивалентному заданному напору. Заданное значение напора определялось расстоянием от отметки верха грунта основания (суглинок) до отметки верхнего конца пластового устройства что составляет $h_2 = 5 M \cdot tg \, 5^\circ \approx 0,5 M$. Следовательно напор и давление в устройстве будет равно 0.

Форма и положение депрессионной поверхности, поле фильтрации грунтовых вод (groundwaterflow), водонасыщение массива грунта плотины (saturation, %), а также активное поровое давление воды (activeporepressuresp=kN/m²) для двух вариантов (с устройством и без) представлены в графической части расчёта Приложение 6.

Приток или количество фильтрующейся воды Q в устройство в единицу времени (сутки) определяется по закону Дарси следующей зависимостью:

$$Q = K \cdot F \cdot I \tag{1.1}$$

где K – коэффициент фильтрации, м/сут;

F – площадь фильтрации, равный $0.007 M \cdot 1 M = 0.007 M^2$;

$$I$$
 – гидравлический градиент, равный $\frac{h_2 - h_1}{L} = \frac{0.5 - 0}{\frac{5_M}{cos5^0}} = \frac{0.5_M}{\frac{5_M}{cos5^0}} = \frac{0.5_M \cdot cos5^0}{5_M} = 0.1;(1.2)$

Итак, $Q = K \cdot F \cdot I = 100 \text{ м/сутки} \cdot 0,007 \text{ м}^2 \cdot 0,1 = 0,07 \text{ м}^3/\text{сутки} = 3 \pi/\text{час}$.

Результата расчет полей фильтрации воды геомассива сооружения с устройством и без представлен на (Рисунке 1.21).

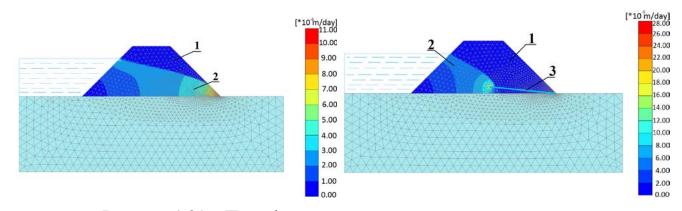


Рисунок 1.21 – Поле фильтрации воды в геомассиве сооружения без устройства (слева), с водопонижающим устройством (справа)

1-Сухой грунт, 2-Обводненный грунт, 3- Водопонижающее устройство

Результаты расчетов активного порового давления и водонасыщения представлены в Приложении 6.

В (таблице 1.7) представлены основные значения, полученные в ходе расчета в программной среде PLAXIS для плотины с устройством и без. В качестве показателя эффективности выбрано поле фильтрации грунтовых вод.

Характеристикой эффективности выступает расстояние до точки достижения максимального значения показателя.

Точка максимального значения поля фильтрации грунтовых вод в случае без водопонижающего устройства находится на поверхности нижнего бьефа, что создает опасность размыва и суффозии откоса. В свою очередь максимальное значение для случая с устройством находится в теле плотины (точка входа воды в устройство), вода уходит через водопонижающее устройство, опасности размыва откоса не создается. Данный факт позволяет судить об эффективности применения данного вида водопонижающего устройства в составе грунтовых плотин (дамб) с точки зрения снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Таблица 1.7 – Значение фильтрационных показателей плотины

Показатель	Минимальное и максимальное значение показателя, в какой точке достигается							
	Без устройства управления фильтрацией			С устройством управления фильтрацией				
	Min	Рас-е	Max	Рас-е	Min	Рас-е	Max	Pac-e
Поле фильтрации грунтовых вод, м/сут	8,63 *10 ⁻¹²	0	0,01 *10 ⁻³	>11	0,02 *10 ⁻⁹	0	0,026 * 10 ⁻³	6

1.10 Выводы

- 1)Проведен анализ аварийности дамб и плотин горнодобывающих предприятий. Установлено, что основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются:
 - -перелив воды через гребень грунтовых плотин;
- -сосредоточенная фильтрация через тело плотины или основание; химическая суффозия;
- -деформации и оползание откосов грунтовых плотин; сейсмические и волновые воздействия.
- 2)Применение водопонижающих устройств тела сооружения позволяет снизить фильтрационные деформации.

3)Построена фильтрационная модель (методом конечных элементов) в программной среде Plaxis 2D AE 2013, описывающая процесс фильтрования в гидротехнических сооружениях с пластовым водопонижающим устройством и без него.

Глава 2. Экспериментальные исследования параметров устройств управления фильтрационными процессами горных пород на основе волокнистых полимерных материалов

За последние несколько десятилетий производство волокнистых полимерных материалов кратно увеличилось, также увеличилась и сфера их применения. Создание устройство управления фильтрацией на основе таких материалов относительно новое направление, позволяющее повысить устойчивость гидротехнических сооружений из горных пород.

Как было упомянуто в Главе 1, искусственные грунтовые плотины и дамбы, возводимые на территориях ведения разработки золотоносных россыпей, относятся к основным гидротехническим сооружениям пр. А СП 58.13330.2012; к IV классу ответственности по пр. Б СП 58.13330.2012 [80].

При разработке россыпных месторождений в настоящее время широко применяются различные гидротехнические сооружения и наиболее важные из них – плотины, дамбы, перемычки, применяемые для водоснабжения, поднятия уровня воды на дражных полигонах, очистки промышленных стоков и особенно для предохранения пород от сезонного промерзания. Земляные плотины на россыпях, как правило, низконапорные и сооружаются из местного строительного материала [35].

Строительство и эксплуатация плотин из горных пород на россыпях должны отвечать следующим требованиям:

-минимум расходов на строительство при максимальном использовании технических возможностей землеройной техники – бульдозеров, экскаваторов, скреперов;

-обеспечение устойчивости к фильтрационным деформациям в пределах срока эксплуатации;

-минимальная водопроницаемость [35].

Параметры земляных плотин в условиях разработки россыпей, исходя из непродолжительности срока их эксплуатации (1-3 года), устанавливаются обычно следующие: высота 2-5м, реже 10-12м, ширина по верху 3-6м, уклон мокрого откоса 1:(2-3), сухого откоса 1:(1-2). Длина плотин зависит от ширины долины и равняется обычно 200-600м, доходя иногда до 1-3км. Расстояние между плотинами зависит от глубины затопления и уклона долины и составляет от 200 м до 1-5км. Как уже отмечалось, плотины в основном сооружаются из местных пород, но изредка применяются привозные водонепроницаемые материалы (глины, суглинки), используемые на сооружение тела плотины или ее элементов (экрана, зуба), перевозимые подчас на большие расстояния. Плотины чаще всего сооружают бульдозерами либо при вскрытии торфов, либо целенаправленно, иногда для этой цели используются экскаваторы по транспортным бестранспортным схемам, скреперы. В некоторых случаях плотины и перемычки создаются дражными отвалами при помощи определенной системы ходов драги с дальнейшим перемещением отвалов бульдозерами [35].

В среднем, высота плотин при открытой разработке полезных ископаемых в зависимости от технологии добычи и геологических условий, достигает 10 м [5, 44, 6].

Для отвода фильтрационной воды из тела плотины в основании низового откоса сооружаются дренажные системы [101].

Применение пластовых устройств управления фильтрацией горных пород призвано снизить фильтрационные деформации в пределах срока эксплуатации.

2.1 Характеристика горных пород, применяемых при возведении плотин

В качестве грунта плотины используются местные горные породы, залегающие в местах проведения добычи полезных ископаемых месторождений [9]. Наибольшее распространение в Забайкальском крае получили насыпные плотины.

Наилучшим материалом для земляной насыпной плотины являются такие горные породы, в которых глинистые частицы ($d<0,01\div0,005$ мм) заполняют все

поры между более крупными частицами породы. Но так, чтобы эти крупные частицы соприкасались друг с другом [72].

При содержании глинистых частиц 6-25% горная порода пригодна для однородной плотины, а при большем только для экранов, понуров и ядер [72]. Чем однороднее порода, тем меньше ее водонепроницаемость и тем больше ее устойчивость. Так при $\frac{d_{60}}{d_{10}} > 30-100$, горные породы хорошо уплотняются, а при $\frac{d_{60}}{d_{10}} > 5-10$ породы уплотняются плохо. И при $d_{50} > 0,1$ мм, обычно,

 d_{10} водопроницаемы. То есть, в теле земляной плотины могут быть использованы все разнородные горные породы, кроме глины и торфа [72].

Водопроницаемость горных пород характеризуется коэффициентом фильтрации K_{ϕ} . В мелкозернистых породах, обычно имеет место ламинарная фильтрация; в крупнозернистых – турбулентная [72].

Ориентировочные значения коэффициента фильтрации при ламинарном движении характеризуются данными, приведенными в (таблице 2.1).

Таблица 2.1 – Коэффициент фильтрации горных пород

Горная порода	$K_{oldsymbol{\phi}}$, m/c	Горная порода	K_{ϕ} , m/c
Галечник	0,1-0,01	песок мелкий	10-6-10-5
Гравий	0,01-0,001	Супесь	10-7-10-5
песок крупный	10-4-10-3	Суглинок	10-9-10-7
		Глина	≤10 ⁻⁹

Прочность горной породы на сдвиг определяется по формуле [72]:

$$\tau_n = \sigma_n \cdot tg\,\varphi + c \,, \tag{2.1}$$

где σ_n – нормальное напряжение, МПа;

c – удельное сцепление, МПа;

 φ – угол внутреннего трения

Таблица 2.2 – Физико-механические свойства горных пород

Наименова	Состояние	Плотност	Угол	Сцеплен	Удель-	Коэффи-	Модуль
-ние		ь породы	внутренне	ие	ная	циент	деформа-

горной		В	-го трения	$c \cdot 10^2$	плотно-	Пуассона	ции,
породы		естествен- ном состоянии	φ	МПа	сть P_y		Мпа*10
		ρ , Γ/cm^3					
Глина	твердая	1,75-1,5	40-45	5-10	2,74	0,41-0,43	590-160
	пластичная	1,8-2,0	12-18				
Суглинок	сухой	1,9-2,0	35-40	2-5	2,71	0,3-0,37	390-160
	насыщенный	2,0-2,1	19-25				160-40
Супесь	сухая	1,4-1,6	22-27	0,2-2,0	2,7	0,21-0,29	125
	насыщенная	1,8-1,85	18-25				
Песок	сухой	1,6-1,75	27-30	0,2	-	-	250
мелкий	насыщенный	2,0-2,05	25-28				190
Песок	сухой	1,7-1,8	30-33	0	2,66	0,2-0,26	310
средний	насыщенный	2,0-2,05	25-28				
Песок	сухой	1,3-2,0	33-27	0	-	-	360
крупный	насыщенный	2,1-2,2	30-35				

2.2 Нагрузка от веса массива горных пород гидротехнического сооружения

Расчет конструкций гидротехнических сооружений второму ПО состоянию следует производить c учетом коэффициента предельному надежности по нагрузке, а также с коэффициентами надежности по материалу и горной породе, равными 1,0, если иное не предусмотрено нормативными проектирование отдельных гидротехнических документами на видов сооружений, конструкций и оснований [80]. Расчет действующих нагрузок производится с учетом коэффициентов в соответствии с таблицей 2.3.

Расчет пластовых устройств управления фильтрацией в теле грунтовых плотин и дамб производится по второй группе предельных состояний (непригодность к нормальной эксплуатации), включает в себя расчеты общей устойчивости, фильтрационный расчет [80].

В соответствии с СП 58.13330.2012 необходимо учитывать неоднородность применяемых материалов, а также изменение физико-механических характеристик строительных материалов и горных пород во времени.

Таблица 2.3 – Нагрузки и воздействия

№	Нагрузки и воздействия	Значения коэффициента
п/п		надежности по нагрузке
1	Собственный вес грунта сооружения	1,1
2	Нагрузки от подвижного состава железных и автомобильных дорог	1,2
3	Давление воды непосредственно на поверхность сооружения и основания; силовое воздействие фильтрующейся воды, включающее объемные силы фильтрации и взвешивания в водонасыщенных частях сооружения и основания и противодавление на границе водонепроницаемой части сооружения при нормальном подпорном уровне и нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств	1,0
4	Давление от намытого золошлакового, шламового и т.п. материала (в случае если сооружение относится к объектам хвостового хозяйства)	1,2
5	Снеговые и ветровые нагрузки	1,0

Пластовое устройство устраивается в нижней части сооружения, следовательно, на его поверхности создается давление от веса массива горных пород дамбы (плотины). Таким образом, необходимо установить значение нагрузки создаваемой собственным весом сооружения, в таблице 2.4 приведены значения давления в уровне основания сооружения высотой от 2 до 10 м из различных горных пород.

Анализ данных, представленных в таблице 2.4, указывает на необходимость рассмотрения давления в диапазоне 0...200кПа, что соответствует высоте сооружения 0...10м. Следовательно, при проведении работ по оценки влияния собственного веса сооружения на объем фильтрационного расхода и параметры сцепления различных слоев пластового устройства необходимо ориентировать на давление в диапазоне 0...200кПа.

Для проведения экспериментальных исследований был выбран волокнистый материал Дорнит российского производства следующих марок, указанных в таблице 2.5. Данный тип волокнистого полимерного материала широко распространен при устройстве автомобильных и железных дорог, при укреплении береговых откосов, мелиоративном строительстве и т. д. Тип материала - иглопробивной; поверхностная плотность 250-400 г/см²; коэффициент фильтрации 70-150 м/сут. Указанные характеристики позволяют

использовать данный тип волокнистого полимерного материала в конструкции пластового устройства управления фильтрационными процессами горных пород.

Таблица 2.4 – Соотношение давления массива горных пород и высоты сооружения.

Наименование	Средняя плотность в	Давление от веса массива	Высота
породы естественном состоянии,		породы сооружения в уровне	сооружения, м
	Γ/cm^3	основания, кПа*	
Глина	1,76	34,52	2
		86,30	5
		120,82	7
		172,60	10
Суглинок	2,0	39,23	2
		98,07	5
		137,29	7
		196,13	10
Супесь	1,66	32,56	2
		81,40	5
		113,95	7
		162,79	10
Песок мелкий	1,85	36,28	2
		90,71	5
		126,00	7
		181,42	10
Песок средний	1,89	37,07	2
		92,67	5
		129,74	7
		185,35	10
Песок крупный	1,9	37,27	2
		93,17	5
		130,43	7
		186,33	10

Таблица 2.5 – Волокнистый полимерный материал (иглопробивной), используемый в исследованиях

Марка	Поверхностная плотность, г/см ²	Толщина (при нагрузке 2кПа),
		ММ
M 250	250	1,25
M 300	300	2,2
M 400	400	3,0

Для проведения испытаний по определению параметров сцепления применялись следующие геомембраны:

Гладкая полимерная мембрана: полиэтиленовая геомебрана LDPE по ГОСТ 10354-82 ООО «Аником» г. Барнаул [87].

Шероховатая полимерная мембрана: полимерная геомембрана HDPE Юнифол (Juta, Чехия) [88].

Указанные геомембраны, широко применяются при кучном выщелачивании золота и меди, устройстве накопителей жидких отходов, при строительстве водохранилищ и т.д. Данные материалы обладают высокой механической прочностью, широкий диапазон рабочих температур (-60...+60°C); «нулевой» водопроницаемостью; толщина 0,2...3,0 мм, что позволяет использовать при создании устройств управления фильтрационными процессами.

При выполнении экспериментальных исследований необходимо рассмотреть и проанализировать следующие задачи:

- -определить характер влияния нагрузки на изменение свойств фильтрации волокнистых полимерных материалов в составе устройства, установить математические закономерности;
- -определить характеристики сцепления волокнистых полимерных материалов в составе устройства.

2.3 Методика проведения испытаний

2.3.1 Варианты устройства управления фильтрационными процессами на основе волокнистых полимерных материалов

Основным назначением устройства управления фильтрацией является отвод фильтрационных вод из тела сооружения. Волокнистые полимерные материалы обладают высокой водопропускной способностью, поэтому их применение в устройствах управления фильтрацией вполне оправдано. Предварительно необходимо установить оптимальную конструкцию устройства с применением волокнистых материалов, для этого проведены предварительные эксперименты.

При проведении предварительных экспериментов были использованы следующие схемы пластовых устройств (Рисунок 2.1).

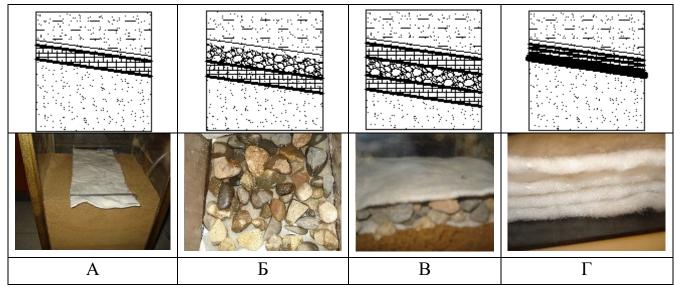


Рисунок 2.1 — Схемы пластовых устройств управления фильтрацией, участвующих в эксперименте: А-одиночный слой волокнистого полимерного материала; Б-нижний слой из волокнистого полимерного материала, верхний — гравий; В-нижний слой из волокнистого полимерного материала, средний — гравий, верхний — волокнистый полимерный материал; Г-нижний слой — полимерная водонепроницаемая геомембрана, верхний — волокнистый полимерный материал.

Исследования проведены на экспериментальной установке, (Рисунок 2.2).

В корпус установки 1 загружается порода 7 до уровня прорези в корпусе Затем устраивается конструкция устройства установки. ИЗ волокнистого материала 8, под определенным уклоном, который задается изменением угла наклона поверхности нижележащего грунта. Укладывается верхний слой породы, поверх которого укладывается пластина 9, служащая в дальнейшем для передачи водой обеспечивает постоянное нагрузки. Емкость c количество Изменением высоты расположения бака 2 добиваемся необходимого напора воды по данным пьезометра 3. Вода из емкости 2 посредством гибкой подводки 4 поступает в корпус 1, проходит через породу 7, достигает устройства 8, выводится через отверстие в корпусе, попадает в сливной бак 5, из которого посредством насоса 6 передается в бак 2. Такой круговорот обеспечивает постоянство температуры воды, измеряемой в сливном баке 5 с помощью термометра 10.

Измерение объема воды осуществляется мерным цилиндром 11 на пути движения к сливному баку за определенное время.

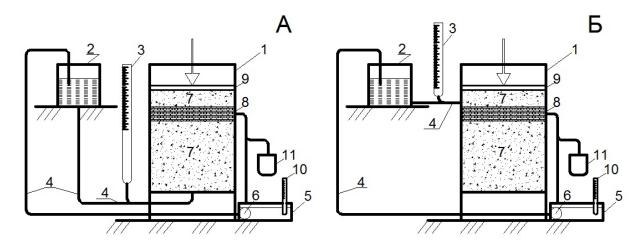


Рисунок 2.2 – Схема экспериментальной установки для лабораторных испытаний Вариант A – подача воды снизу; Б – подача воды сверху;

1-Корпус призматической формы; 2-емкость с водой; 3-пьезометр; 4-гибкая подводка; 5-сливная емкость; 6-насос; 7-горная порода; 8-конструкция устройства; 9-штамп для передачи нагрузки; 10-термометр; 11-мерный цилиндр

Данная установка позволяет проводить экспериментальные исследования фильтрующей способности устройств на основе волокнистых материалов. Подавать воду можно как сверху, так и снизу.

Критерием эффективности схемы устройства являлась возможность проникновения воды в нижележащий сухой грунт. Оценка проводилась визуально. Проведены исследования 4 схем устройств с использованием волокнистых материалов (Рисунок 2.1). Экспериментальные исследования проводилось при температуре окружающего воздуха + 24±2°C и температуре воды +20±2°C.

По результатам предварительных экспериментов, проведенных по представленным схемам, наиболее рациональной признана схема Г (Рисунок 2.3)-несколько слоев волокнистого материала в сочетании с водонепроницаемой геомембраной, т.к. в этом случае полностью исключается проникновение воды в сухой грунт. Дальнейшие исследования проводились с применением данной схемы устройства.

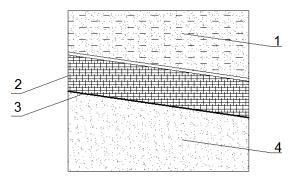


Рисунок 2.3 – Схема устройства управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов и водонепроницаемой геомембраны

1- горная порода в водонасыщенном состоянии; 2- волокнистый полимерный материал; 3-водонепроницаемая геомембрана; 4 –сухая порода

В ходе дальнейших исследований произведено нагружение устройства управления фильтрацией внешней нагрузкой до 2,1 кПа, результаты представлены на Рисунке 2.4, с использованием различных марок волокнистого материала по поверхностной плотности и количеству слоев.

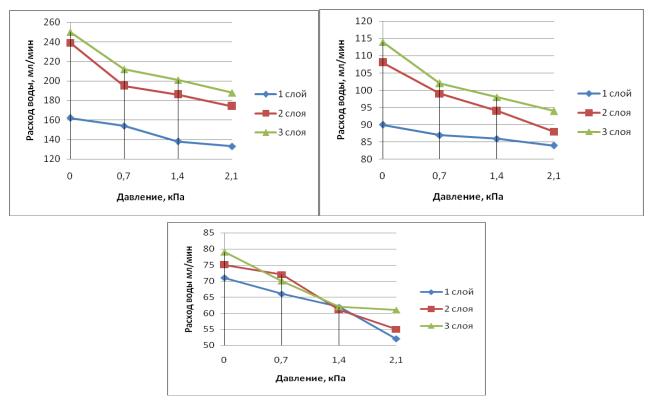


Рисунок 2.4 — Зависимость изменения объема расхода воды от внешнего давления для пластового устройства из волокнистых материалов различной поверхностной плотности и количества слоев. А — 400г/m^2 , Б — 300г/m^2 , В — 250г/m^2

Анализ полученных данных (Рисунок 2.4) указывает на значительное снижение расхода воды (до 25%) проходящей через волокнистый материал, таким образом, учет внешней нагрузки необходим при проектировании устройств на основе волокнистых полимерных материалов. Тем не менее, необходимо проведение экспериментов по установлению зависимости «внешнее давление – фильтрационный расход воды» в диапазоне нагрузок до 200кПа.

2.3.2 Принцип работы и конструкция экспериментальной установки для исследования фильтрационных характеристик устройства управления фильтрацией под давлением.

Как было установлено ранее, при сжатии материала до 80% деформации уменьшают диаметр пор в 3,67-4,57 раза [9], что влияет на коэффициент пористости (Рисунок 2.5), а вмести с ним и на водопроницаемость материала, дальнейшее увеличение деформации не приводит к существенному изменению диаметра пор.

По условиям оценки влияния внешнего давления на значение фильтрационного расхода материала необходимо произвести оценку при изменении нагрузки в диапазоне 0... 200 кПа.

Испытания по определению зависимости «внешнее давление – фильтрационный расход воды» проводятся с целью количественной оценки изменения фильтрационной способности волокнистых полимерных материалов, при изменении действующей на него нагрузки, что в дальнейшем позволит произвести объективную оценку фильтрационной способности в зависимости от параметров волокнистых полимерных материалов и величины нагрузки, создаваемой массивом сооружения.



Рисунок 2.5 – Графики зависимостей изменения коэффициента пористости от деформации сжатия волокнистых материалов. 1) $\rho_0 = 70\kappa \varepsilon/m^3$; 2) $\rho_0 = 90\kappa \varepsilon/m^3$;

3)
$$\rho_0 = 110 \kappa z / m^3$$
;4) $\rho_0 = 130 \kappa z / m^3$;5) $\rho_0 = 1500 \kappa z / m^3$

Для исследования фильтрационных процессов в диапазоне нагрузок 0...8 кПа применена установка Рисунок 2.2. Для исследования процессов водоотведения и фильтрования в диапазоне нагрузок 8... 200 кПа была сконструирована вторая экспериментальная установка. Она представляет собой емкость призматической формы, заполненную испытываемым материалом. Емкость имеет два штуцера для подведения и отведения воды. На входе установлен пьезометр, позволяющий контролировать величину напора воды. Выход воды снабжен датчиком расхода воды, измеряющий объем воды, проходящей через установку. По верху испытываемого материала укладывается пластина, передающая внешнее равномерно распределенное давление. Температура воды фиксируется по ртутному термометру. Схема установки представлена на рисунке 2.6. Общий вид установки представлен на рисунке 2.7.

В корпус установки 1 загружается испытываемый волокнистый материал 8 высотой слоя 10-15 мм, по верху укладывается пластина 2. Установка 1 помещается в раму пневматическим цилиндром 3. Гибкой подводкой 4 подключается подача воды, посредством показаний пъезометра 5 добиваются необходимого уровня напора. Измеряется температура воды с помощью термометра 6. Посредством ЭВМ, задается необходимое значение нагрузки в кН, включается компрессор 7, запускается процесс нагружения, в ходе которого на

экране ЭВМ отображается текущее давление в кПа, а также значение фильтрационного расхода воды л/мин. По достижению заданной нагрузки компрессор отключается, достигнуто значение заданной нагрузки, производится отсчет показаний фильтрационного расхода воды с экрана ЭВМ. Занести полученные значения в журнал регистрации.

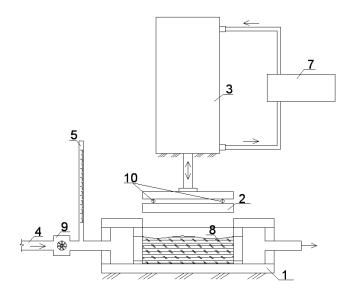


Рисунок 2.6 — Схема экспериментальной установки для лабораторных испытаний 1-Корпус призматической формы; 2-пластина для равномерного распределения давления; 3-пневматический цилиндр; 4-гибкая подводка; 5-пьезометр; 6-термометр; 7-компрессор; 8-испытываемый материал; 9-датчик расхода воды; 10-тензодатчик



Рисунок 2.7 – Общий вид установки

В ходе проведения эксперимента, была проведена оценка погрешности измерений.

Оценка погрешности измерений проведена в соответствии с ГОСТ Р 50779.21-2004 [19].

Измеряемый параметр Испытательное оборудование, средства измерени Погрешность измерения ± 3% объем воды Датчик расхода воды G3/4 Water Flow sensor, Seeed линейка металлическая ± 1мм градиент напора по ГОСТ 427 Пневмоцилиндр FESTO ADVU-50-100-A-PA, ± 1_H давление на материал тензодатчик (мост Уинстона), операционный усилитель INA125 термометр по ГОСТ 2045-71 температура ± 0.5 °C

Таблица 2.6– Применяемое оборудование и датчики, погрешность:

Испытание по определению зависимости «внешнее давление - фильтрационный расход воды» проводились при следующих условиях:

Температура воды, на момент проведения испытаний: +21,2°C;

Напор воды: 60мм (0,06м);

Площадь устройства из волокнистого материала: 0,0729м²;

Высота слоя материала: 0,01м.

Проведено 10 измерений для каждой ступени нагружения, среднее значение получено с учетом абсолютной погрешности.

2.3.3 Результаты проведенных испытаний

Результаты испытаний представлены в таблице Приложения 1 к настоящей научной работе.

Среднее значение объема воды определяется:

$$\overline{V} = \sum_{i=1}^{n} V_i , \qquad (2.2)$$

где n – количество измерений.

Абсолютная погрешность $\Delta \overline{V}$ среднего значения \overline{V} при доверительной вероятности $\gamma=0.95$ объеме выборки n=10 и числе степеней свободы f=n-1=10-1=9, значение квантиля распределения Стьюдента в таком случае $t_{0.95}=1.81$.

$$\Delta \overline{V} = t_{0.95} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (V_i - \overline{V})^2}}{\frac{f}{\sqrt{n}}}$$
 (2.3)

Использовались волокнистые материалы, указанные в Таблице 2.5, имеющие различную марку по поверхностной плотности.

Среднее значение изменения удельного фильтрационного расхода воды через волокнистый материал, абсолютная погрешность, представлены в Таблице 1 Приложения 1.

Для наглядного представления, а также определения характера зависимости результаты испытаний были обработаны с помощью программного пакета MS Excel и представлены в графической форме, Рисунок 2.9.

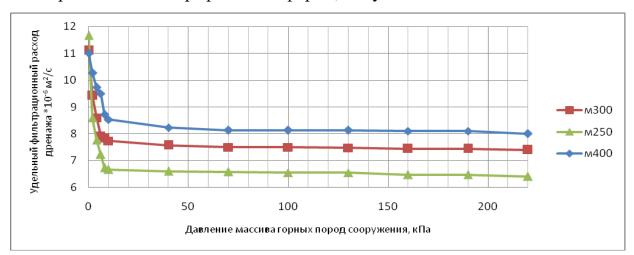


Рисунок 2.9 – Зависимость удельного фильтрационного расхода пластового устройства от давления массива горных пород

Анализ представленных графиков указывает, что в диапазоне нагрузок 0...8 кПа зависимость имеет нелинейный характер, в свою очередь, участок 8...200 кПа – линейный характер. Т.к. графики имеют переменный характер в диапазоне нагрузок 0...200 кПа необходимо произвести аппроксимацию результатов экспериментов раздельно для двух участков: 0...8 кПа и 8...200кПа.

Рассмотрим изменение фильтрационного расхода в диапазоне нагрузок 0...8 кПа (Рисунок 2.10).

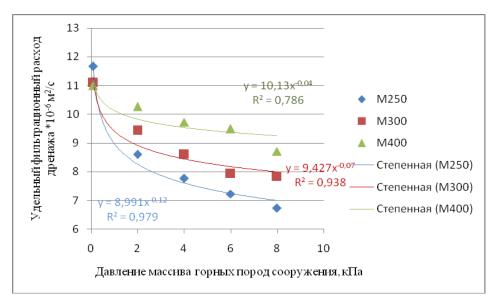


Рисунок 2.10 – Аппроксимация зависимости удельного фильтрационного расхода пластового устройства от давления массива горных пород в диапазоне нагрузок

Полученные в ходе аппроксимации средствами Microsoft Excel математические зависимости имеют характер степенной фукнции вида:

$$y = a_1 \cdot x^{-b_1}, (2.4)$$

где a_1,b_1 – эмпирические коэффициенты изменения фильтрационного расхода, полученные в ходе аппроксимации в диапазоне нагрузок 0...8 кПа (Рисунок 2.10).

Степень достоверности степенной аппроксимации экспериментальных данных, в зависимости от марки материала имеет следующие значения: -для волокнистого материала М400 достоверность аппроксимации $R^2=0.79$; -для волокнистого материала М300 достоверность аппроксимации $R^2=0.94$; -для волокнистого материала М250 достоверность аппроксимации $R^2=0.98$.

Изменение фильтрационного расхода в диапазоне нагрузок 0...8 кПа составляет:

- -для волокнистого материала M400 42,3%;
- -для волокнистого материала M300 29,5%;
- -для волокнистого материала M250 20,8%.

Рассмотрим изменение фильтрационного расхода в диапазоне нагрузок 10...200 кПа (Рисунок 2.11).

Полученная в ходе аппроксимации зависимость в общем виде выражена формулой (линейная зависимость):

$$y = a_2 \cdot x + b_2, \tag{2.5}$$

где a_2,b_2 – эмпирические коэффициенты изменения фильтрационного расхода, полученные в ходе аппроксимации в диапазоне нагрузок $10...200~\mathrm{kTa}$ (Рисунок 2.11).

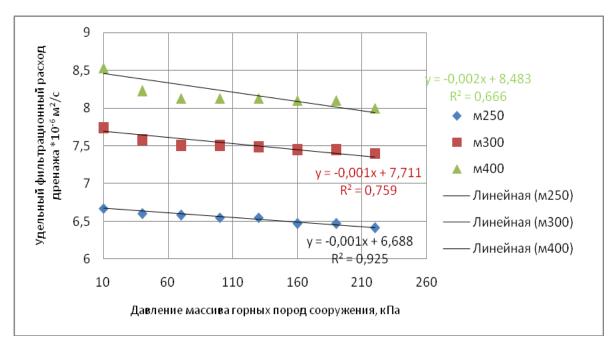


Рисунок 2.11 — Аппроксимация зависимости удельного фильтрационного расхода пластового устройства от давления массива горных пород в диапазоне нагрузок 10...200 кПа

Степень достоверности степенной аппроксимации экспериментальных данных, в зависимости от марки материала имеет следующие значения: -для волокнистого материала М400 достоверность аппроксимации $R^2=0.67$; -для волокнистого материала М300 достоверность аппроксимации $R^2=0.76$; -для волокнистого материала М250 достоверность аппроксимации $R^2=0.93$.

Изменение фильтрационного расхода в диапазоне нагрузок 10...200 кПа составляет:

- -для волокнистого материала М400 8,2%;
- -для волокнистого материала M300 5,5%;
- -для волокнистого материала М250 4,8%.

Таким образом, представленные зависимости изменения удельного фильтрационного расхода позволяют производить расчет основных параметров пластового дренажа из волокнистых полимерных материалов с учетом давления массива горных пород сооружения.

В ходе аппроксимации экспериментальных данных установлены коэффициенты изменения фильтрационного расхода воды, которые сведены в Таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Коэффициенты изменения фильтрационного расхода устройства управления фильтрацией

Марка материала	Диапазон нагрузок 08 кПа		Диапазон нагрузок 10200 кПа	
	a_1	b_1	a_2	b_2
M400	10,13	0,04	0,002	8,48
M300	9,43	0,07	0,001	7,71
M250	8,99	0,12	0,001	6,69

Таблица 2.8 – Изменение фильтрационного расхода

Марка материала	Фильтрационный расход, м ² /с при нагрузке:			
	0 кПа	8 кПа	200 кПа	
M250	11,67	6,73	6,45	
M300	11,10	7,83	7,43	
M400	11,0	8,71	8,07	

Снижение величины фильтрационного расхода воды, проходящей через устройство может быть определено по известной формуле 2.6 [31]:

$$\Delta q_{\mathcal{I}} = (q_{\mathcal{I},0} - q_{\mathcal{I},P}) = \frac{\partial q_{\mathcal{I}}}{\partial \sigma_{n}} \cdot \sigma_{n}$$
 (2.6)

где $q_{{\it I}\!{\it I},0}$ – величина фильтрационного расхода без нагрузки, м²/с;

 $q_{_{\mathcal{I},P}}$ – величина фильтрационного расхода при заданной нагрузке, м²/с;

 σ_n – величина нагрузки, кПа.

(Таблица 2.9).

 $\frac{\partial q_{\pi}}{\partial \sigma_n}$ - производная, характеризующая изменение фильтрационного расхода при соответствующем изменении внешней нагрузки, обозначим данную производную как градиент фильтрационного расхода. На основе полученных экспериментальных данных, градиент фильтрационного расхода составляет

Таблица 2.9 – Градиент фильтрационного расхода

Марка материала	Градиент фильтрационного расхода $\dfrac{\partial q_{_{A}}}{\partial \sigma_{_{n}}}$			
	для диапазона давления:			
	08 кПа	8200 кПа		
M250	0,618	0,146*10-2		
M300	0,409	0,208*10-2		
M400	0,286	0,333*10-2		

Используя полученные экспериментальные данные и закономерность 2.6, рассчитывается фактическое изменение фильтрационного расхода воды волокнистого материала, данный расчет позволяет учесть влияние давления массива горных пород сооружения при конструировании пластового устройства управления фильтрацией из волокнистых материалов.

2.3.4 Исследование параметров сцепления элементов устройства

Устройство управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов имеет несколько переходных областей, обладающих различными параметрами сцепления, характеризуемые зависимостью касательных области напряжений контакта от величины давления плоскости, перпендикулярной к плоскости контакта. Определение параметров сцепления необходимо для оценки устойчивости искусственного грунтового сооружения, в котором устраивается пластовое устройство из волокнистых материалов.

Параметры сцепления необходимо указывать для разделяющих и фильтрующих слоев. Данные параметры могут быть определены с помощью

прямого испытания на сдвиг согласно стандарту prEN ISO 12957-1:1997. Следует также учитывать параметры сцепления со смежными материалами, например гидроизоляционным материалом [82].

Испытание свойств сцепления материалов осуществлялось на специально созданной установке, принцип работы которой согласуется с требованиями prEN ISO 12957-1:1997.

Ранее были проведены эксперименты по определению характеристик сцепления волокнистых материалов с горными породами [9, 98], т. к. в конструкцию пластового дренажа вводится водонепроницаемая геомембрана, необходимо оценить возможность их применения в конструкции пластового устройства из волокнистых материалов.

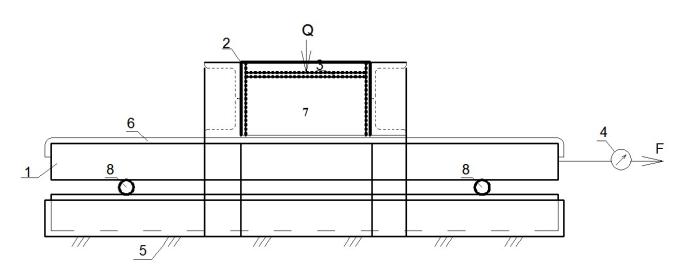


Рисунок 2.12 — Схема установки для испытания сцепления 1-Подвижная платформа, 2-неподвижная полая камера, 3-пластина для равномерной передачи нагрузки, 4-динамометр, 5-жесткое основание, 6-волокнистый материал, 7-испытываемый материал (геомембрана, горная порода и т.д.), 8-роликовая опора

По подвижной платформе 1 укладывается волокнистый материал 6, затем она помещается на жесткое основание 5. Сверху устанавливается неподвижная камера 2, в которой располагается материал 7, контакт с которым подлежит испытанию, поверх которого укладывается пластина 3, камера жестко закрепляется. Создается

вертикальное давление на пластину 3, определенное по условиям эксперимента, затем прикладывается горизонтальное сдвигающее усилие.

Таблица 2.8– Применяемое оборудование и средства измерений, погрешность:

Измеряемый параметр	Испытательное оборудование,	Погрешность
	средства измерений	
вертикальное давление	тарированный груз	± 5%
усилие сдвига	динамометр ДОРМ-3-5	± 0,1%
время	секундомер	± 1c
температура	термометр по ГОСТ 2045-71	± 0,5°C

В ходе проведения эксперимента была проведена оценка погрешности измерений по аналогичной методике экспериментов по установлению зависимостей фильтрационного расхода дренажа от внешнего давления.

Цель данных экспериментов заключается в установлении зависимостей характера «внешнее давление-усилие сдвига» для систем, имеющих контакт с волокнистым материалом (геомембран), для определения предельных углов наклона из условия сохранения общей устойчивости.

Испытания проводятся поочередно, для каждой «контактной системы». Система ступенями нагружается заданным давлением в диапазоне 0...200 кПа, выдерживается не менее 15 минут для стабилизации напряжений (по аналогии испытания одноплоскостного среза супесей и суглинков [21]), после чего, в направлении перпендикулярном, оказываемому давлению, прикладывается сдвигающее усилие на подвижный элемент установки, со скоростью нагружения 5 Н/сек, за отсчет сдвигающего усилия берется значение, при котором произошел сдвиг одного элемента системы относительно другого.

Площадь контактной области испытываемой системы составляет $4,54*10^{-3}$ м² и конструктивно ограничена параметрами неподвижной камеры 2 экспериментальной установки.

В период возведения искусственных сооружений из горных пород устройство управления фильтрационными процессами находится в сухом состоянии, в свою очередь в период эксплуатации через устройство постоянно

протекает вода, таким образом, необходимо проведение испытаний по определению параметров сцепления в сухом и водонасыщенном состояниях. Насыщение водой проводится в течение 6 часов.

Для определения предельного угла наклона устройства необходимо рассмотреть условие равновесия, при котором сдвигающее усилие не превышает силу трения (Рисунок 2.13):

$$T_{CJI} \le T_{TP}, \tag{2.7}$$

$$T_{CII} = Q \cdot \cos(90 - \alpha), \qquad (2.8)$$

где $T_{\it CD}$ - сдвигающее усилие, H;

 T_{TP} - сила трения, H;

Q - внешнее давление, кПа;

 α - угол наклона дренажа, градус.

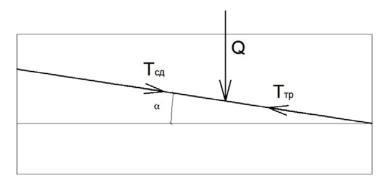


Рисунок 2.13 – Условие равновесия

По условию обеспечения водоотведения угол наклона устройства управления фильтрацией (α) составляет: 5...10°.

Условия проведения экспериментов по определению параметров сцепления: Волокнистый полимерный материал: Дорнит M400.

Гладкая полимерная мембрана: полиэтиленовая геомебрана LDPE по ГОСТ 10354-82 ООО «Аником» г. Барнаул.

Шероховатая полимерная мембрана: полимерная геомембрана HDPE Юнифол (Juta, Чехия).

Площадь контакта: $5.0*10^{-3}$ м² (50.0см²);

Ступени нагружения внешним давлением:

9 кПа — 18 кПа — 53кПа — 88 кПа — 124 кПа — 207 кПа; Температура воздуха: +20,5°C.

При испытании исследуется два вида «контакта» (в сухом и влажном состоянии):

- 1) волокнистый полимерный материал + гладкая геомембрана;
- 2) волокнистый полимерный материал + шероховатая геомембрана.

Результаты испытаний представлены в таблице Приложения 1.

Результаты испытаний были обработаны с помощью MS Excel и представлены в графической форме на рисунках 2.14; 2.15.

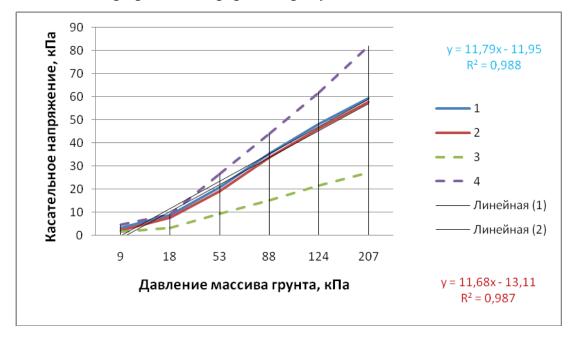


Рисунок 2.14 – Зависимость касательных напряжений контакта от внешнего давления. Контакт волокнистый материал-гладкая геомембрана. 1) сухой контакт;

2) влажный контакт; 3) сдвигающее усилие 10°; 4) сдвигающее усилие 25°

Зависимости 1 и 2 графиков на рисунках 2.14-2.15 отражают изменение предельных касательных напряжений, возникающих на контакте волокнистого материала и геомембраны от действия внешней нагрузки, создаваемой массивом горных пород. Зависимости 3 и 4 получены по формуле 2.8. Зависимость 3 отражает предельный угол наклона устройства при котором сохраняется общая устойчивость и выполняется условие 2.7, т.е. сдвигающее усилие не превышает силы трения.

По результатам анализа зависимостей на рисунках 2.14-2.15 установлено следующее:

- зависимость касательных напряжений контакта от внешнего давления имеет линейный характер;
- контакт волокнистый полимерный материал-гладкая геомембрана максимальный наклон, при котором обеспечивается устойчивость 25°;
- контакт волокнистый полимерный материал -шероховатая геомембрана максимальный наклон, при котором обеспечивается устойчивость 40°.

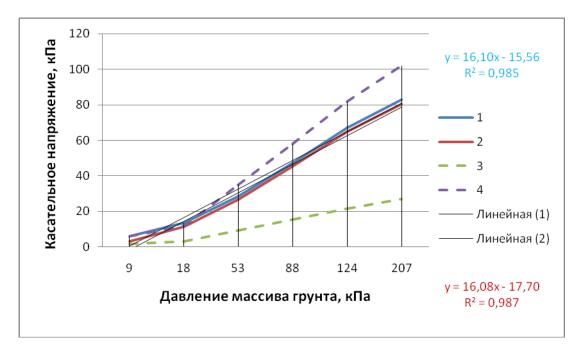


Рисунок 2.15 — Зависимость касательных напряжений контакта от внешнего давления. Контакт волокнистый материал-шероховатая геомембрана 1) сухой контакт; 2) влажный контакт; 3) сдвигающее усилие 10° ; 4) сдвигающее усилие 40°

Проведена линейная аппроксимация результатов зависимость имеет общий вид:

$$y = a_3 \cdot x - b_3, \tag{2.9}$$

где a_3, b_3 – коэффициенты изменения касательных напряжений от внешнего давления массива горных пород (Таблица 2.9)

Таблица 2.9 – Коэффициенты изменения касательных напряжений коэффициенты изменения касательных напряжений

Тип контакт	«Сухой» контакт		«Влажный» контакт	
	a_3	b_3	a_3	b_3
Волокнистый материал- гладкая геомембрана	11,79	11,95	11,68	13,11
Волокнистый материал- шероховатая геомембрана	16,10	15,56	16,08	17,70

Степень достоверности степенной аппроксимации экспериментальных данных, в зависимости от типа контакта имеет значение $R^2 = 0.98$.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования указывают, что наиболее слабым сцеплением обладает контакт волокнистого полимерного материала с гладкой геомембраной.

Как было указано ранее, рекомендуемый угол наклона устройства (α) из условия обеспечения водоотведения составляет 5...10°, в свою очередь предельный допустимый угол наклона для конструкции, имеющей в своем составе гладкую геомембрану составляет 25°. Иными словами, применение геомебран в конструкции пластового устройства на основе волокнистых полимерных материалов не ухудшает общую устойчивость устройства в диапазоне рекомендуемых углов наклона.

2.4 Выволы

- 1) Экспериментально было установлено, что наибольшую эффективность имеет устройство на основе волокнистых полимерных материалов при введении водонепроницаемой геомембраны.
- 2) Исследования по определению зависимости фильтрационного расхода от действия внешней нагрузки, установили следующее:
- а) зависимость имеет два характерных участка: при нагрузке 0...8кПа нелинейный характер, и при нагрузке 10...200 кПа линейный характер.
- б) Изменение фильтрационного расхода в диапазоне нагрузок 0...8 кПа составляет:

- -для волокнистого материала М400 42,3%;
- -для волокнистого материала M300 29,5%;
- -для волокнистого материала M250 20.8%.

В диапазоне нагрузок 10...200 кПа:

- -для волокнистого материала M400 8.2%;
- -для волокнистого материала M300 5,5%;
- -для волокнистого материала М250 4,8%.
- в) Математическая обработка полученных данных позволила получить следующие зависимости:
- $y = a_1 \cdot x^{-b_1}$ -для диапазона нагрузок 0...8 кПа;
- $y = a_2 \cdot x + b_2$ для диапазона нагрузок 10...200 кПа.
- 3) Экспериментально установлено, что зависимость сдвигающих касательных напряжений в диапазоне 0...200 кПа имеет линейный характер, предельные углы наклона устройства в сторону нижнего бьефа составляют из условия обеспечения общей устойчивости составляет:
- для контакта волокнистого материала и гладкой геомембраны 25°;
- для контакта волокнистого материала и шероховатая геомембрана 40° .

Наиболее слабым сцеплением обладает контакт волокнистого полимерного материала с гладкой геомембраной.

Наличие водонепроницаемой геомембраны в конструкции пластового устройства из волокнистых полимерных материалов не снижает общую устойчивость конструкции в диапазоне рекомендуемых углов наклона.

Полученные зависимости и предельные значения должны быть учтены в методике расчета устройств управления фильтрацией из волокнистых материалов.

Глава 3. Методика определения параметров многослойных устройств управления на основе волокнистых полимерных материалов

При расчете и возведении плотин и дамб гидромеханизированных предприятий необходимо руководствоваться СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов». В соответствии с п. 9.1 СП 39.13330.2012 для плотин IV класса необходимо выполнить следующие расчеты фильтрационной устойчивости сооружения, расчет устройств управления фильтрацией и переходных слоев, устойчивость откосов и защитных экранов, осадок тела плотины и основания; все расчеты следует проводить для характерных поперечных сечений плотин [70]. Расчет на фильтрацию производят для отдельных наиболее характерных поперечных сечений тела [101].

Таким образом, при наличии устройств управления фильтрацией и переходных слоев в теле земляных плотин, рассмотрим в данной главе процедуру расчета пластовых устройств на основе волокнистых полимерных материалов с учетом влияния давления, создаваемого массивом горных пород искусственного сооружения и усилий сцепления контакта.

3.1 Определение высоты слоя и уклона устройства управления фильтрацией с учетом зависимости фильтрационного расхода от давления массива горных пород сооружения

Горизонтальные конструкции на основе волокнистых материалов характеризуются основными параметрами, определяющими их эффективность: фильтрационный расход, положение кривой депрессии, высота слоя и уклон в сторону нижнего бъефа.

Изменение фильтрационного расхода устройства $(q_{_{//}})$ оказывает влияние на основные параметры пластового устройства — высота слоя $(h_{_{//}})$, уклон в сторону водоотвода $(i_{_{//}})$ [30].

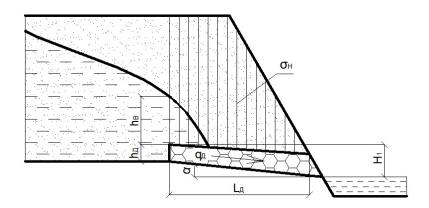


Рисунок 3.1 – Расположение устройства управления фильтрацией в теле плотины

Процесс фильтрации подчиняется закону А. Дарси для жидкостей и газов в пористой среде. Профессором В.М. Герасимовым была предложена формула для определения высоты слоя пластового устройства из волокнистых материалов [9]:

$$h_{\mathcal{A}} = \frac{q_{\mathcal{A}} \cdot L_{\mathcal{A}}}{K_{\mathcal{A}}(h_{\mathcal{B}} + H_{1})} \tag{3.1}$$

Устройство управления фильтрацией из волокнистого материала располагается под определенным углом в теле земляной плотины. Для расчета угла наклона была предложена формула, основанная на применении конформного преобразования В.С. Козлова [30], применительно к устройствам из волокнистых полимерных материалов:

$$i_{\mathcal{A}} = \frac{2 \cdot q_{\mathcal{A}} - \frac{K_{\mathcal{A}} \cdot H_1^2}{L_{\mathcal{A}}}}{K_{\mathcal{A}} \cdot H_1}$$
(3.2)

где $q_{\it Л}$ – фильтрационный расход устройства, м²/с;

 $L_{\rm Д}$ – ширина пластового устройства, м;

 $K_{\mathcal{A}}$ – коэффициент фильтрации материала, м/с;

 $h_{\it B}$ – напор в начале устройства, определяемый по линиям равных напоров, м;

 $H_{\rm 1}$ – высота расположения дренажа к уровню воды в нижнем бъефе, м

Формулы 3.1 и 3.2 включают в себя ширину устройства и коэффициент фильтрации волокнистого материала, но не учитывают изменение фильтрационного расхода под действием внешнего давления горных пород.

Волокнистый полимерный материал представляет собой пористую среду, в зависимости от плотности 70...130 кг/м³ средний диаметр пор составляет 136... 82,4 мкм. Ранее проведенными исследованиями было установлено, волокнистый материал при сжатии до 80% имеет уменьшение диаметров пор в 3,67-4,57 раза. Уменьшение диаметра пор приводит к снижению фильтрационного расхода воды проходящей через материал, следовательно, оказывает влияние на эффективность пластового устройства из волокнистых полимерных материалов [9].

В ходе проведенных экспериментов установлено, что зависимость фильтрационного расхода дренажа от внешнего давления имеет два характерных участка: 0...8 кПа (зависимость носит нелинейный характер) и 8...200 кПа (зависимость имеет линейный характер). Учитывая параметры искусственных гидротехнических сооружений при гидромеханизированной разработке, необходимо использовать в расчетах линейную зависимость.

Снижение величины фильтрационного расхода устройства из волокнистых материалов, находящегося под давлением, определяется градиентом фильтрационного расхода по 2.6, в зависимости от поверхностной плотности материала. Значение величины градиента фильтрационного расхода получены экспериментально и представлены в Таблице 2.9.

Таким образом, для определения параметров устройства управления фильтрацией (высота слоя и уклон) с учетом изменения градиента фильтрационного расхода волокнистого полимерного материала, происходит по формулам 3.4 и 3.5 (формула А. Дарси при расчете высоты слоя, формула В.С. Козлова для определения уклона устройства [9, 30]).

$$h_{\mathcal{A}} = \frac{(q_{\mathcal{A}} + \frac{\partial q_{\mathcal{A}}}{\partial \sigma_n} \cdot \sigma) \cdot L_{\mathcal{A}}}{K_{\mathcal{A}}(h_B + H_1)}$$
(3.4)

$$i_{\mathcal{A}} = \frac{2 \cdot (q_{\mathcal{A}} + \frac{\partial q_{\mathcal{A}}}{\partial \sigma_n} \cdot \sigma) - \frac{K_{\mathcal{A}} \cdot H_1^2}{L_{\mathcal{A}}}}{K_{\mathcal{A}} \cdot H_1}$$
(3.5)

Формулы 3.4 и 3.5 позволяют производить определение основных параметров устройств управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов искусственных гидротехнических сооружений из горных пород с учетом снижения продольного фильтрационного расхода, вызванного наличием внешнего давления, создаваемого вышележащим массивом горных пород сооружения.

3.2 Определение общей устойчивости устройства управления фильтрацией из волокнистых материалов с учетом наличия геомембран.

В ходе проведения экспериментов (Глава 2) была определена оптимальная устройства управления фильтрацией конструкция пластового на волокнистых полимерных материалов, состоящая из нескольких слоев материала и геомембраны. Следовательно, конструкция устройства неоднородна и имеет обладающих переходных областей, несколько различными параметрами сцепления. Устройство располагается в теле сооружения с уклоном α в сторону нижнего бъефа для обеспечения водоотведения. В свою очередь, наличие уклона в такой системе оказывает влияние на общую устойчивость сооружения. Устройство управления фильтрацией – плоская конструкция, усилие сдвига возникает от нагрузки вышележащего массива горной породы $q_{\scriptscriptstyle H}$, проецируется на наклонную плоскость устройства в форме горизонтальной составляющей веса массива горной породы $T_{\mathit{\GammaP}}$ и поступательно направлено по плоскости устройства.

Равномерно распределенная нагрузка, возникающая от давления вышележащего грунта, определяется по формуле:

$$q_H = \gamma \cdot h \cdot 0.01, \, \text{KH/M}^2 \tag{3.6}$$

где γ – удельный вес горных пород тела дамбы, кг/м³;

h – высота искусственного сооружения, м;

0,01-коэффициент перехода от кгс к кН.

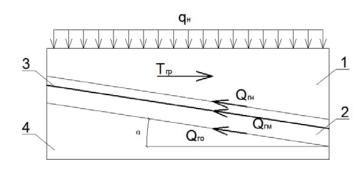


Рисунок 3.3 – Определение общей устойчивости устройства управления фильтрационными процессами

1-Горные породы сооружения; 2-конструкция устройства управления фильтрацией; 3-геомембрана; 4-порода основания

 q_{H} – распределенная нагрузка, от давления горных пород дамбы, к H/M^{2} ;

 $T_{\it TP}$ – горизонтальная составляющая активного давления горных пород дамбы, кH;

 $Q_{\it ГH}$ – сопротивление сдвигу между грунтом дамбы и верхним слоем устройства, кH;

 $Q_{\it ГM}$ – сопротивление сдвигу между волокнистым материалом и геомембраной внутри устройства, кH;

 Q_{IO} – сопротивление сдвигу между нижним слоем устройства и породой основания, к ${
m H.}$

В свою очередь горизонтальная составляющая активного давления грунта [19]:

$$T_{IP} = \frac{q_H \cdot L_{\mathcal{A}} \cdot c \cdot \cos(90 - \alpha)}{2}, \, \kappa H \tag{3.7}$$

 α – угол наклона устройства к горизонту;

c – расчетная длина устройства (принимаем 1 м).

Усилие, возникающее на поверхности сдвига – предельное касательное напряжение (сопротивление сдвигу), определяемое по закону прочности Кулона [96].

Зная характеристики массива горных пород, слагающих гидротехническое сооружение и характеристики волокнистых материалов, слагающих устройство

управления фильтрацией, предельные касательные напряжения могут быть определены:

$$Q_{\Gamma H} = tg \psi_{\Gamma H} \cdot q_H + a_{\Gamma H}$$

$$Q_{\Gamma M} = tg \psi_{\Gamma M} \cdot q_H + a_{\Gamma M}, \quad \kappa \Pi a,$$

$$Q_{\Gamma O} = tg \psi_{\Gamma O} \cdot q_H + a_{\Gamma O}$$
(3.7)

где $tg\psi$ – коэффициент трения контакта,

a – адгезия контакта, к Π а.

Для определения предельных углов наклона устройства были проведены экспериментальные исследования параметров сцепления контактных областей устройства из волокнистых материалов.

Экспериментально установлена зависимость между нагрузкой на устройство от массива горных пород сооружения, усилием сдвига, силой трения.

Потеря устойчивости возможна в трех случая: при сдвиге насыпного грунта по поверхности устройства, сдвиг слоев устройства друг относительно друга, сдвиг устройства относительно грунта основания.

Наименьшим сопротивлением сдвиговому усилию обладает контакт «водонепроницаемая геомембрана-волокнистый материал». Таким образом, при расчете устройства управления фильтрационными процессами необходимо рассмотреть условие предельного равновесия в отношении системы «водонепроницаемая геомембрана-волокнистый материал» [97].

Для обеспечения общей устойчивости насыпной конструкции плотины (дамбы), содержащей предлагаемую схему устройства управления фильтрацией необходимо выполнение следующих условий:

$$Q_{rM} \ge T_{rP}; \tag{3.8}$$

Полученные экспериментальные данные (зависимость 2.9), подтверждают, что условие 3.8 выполняется при наклоне устройства 0...25° – для контакта волокнистого материала и гладкой геомембраны и 0...40° – для контакта волокнистого материала и шероховатой геомембраны.

В свою очередь, допустимый уклон пластового устройства из условия обеспечения водоотведения составляет 5...10°, следовательно наличие гладкой

геомембраны не снижает общую устойчивость устройства из волокнистых материалов.

Проведено моделирование (методом конечных элементов) в системе PLAXIS для оценки влияния устройства управления фильтрацией на устойчивость сооружения (Рисунок 3.4, 3.5). Исходные данные аналогичны при моделировании фильтрационных процессов п.1.9 (Глава 1).

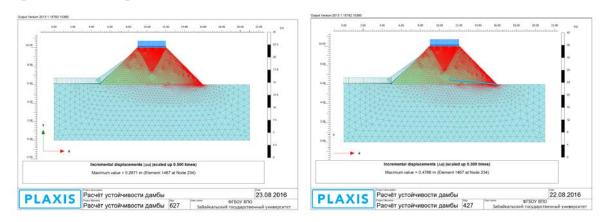


Рисунок 3.4 – Добавочное смещение без устройства (слева), с устройством управления фильтрацией (справа)

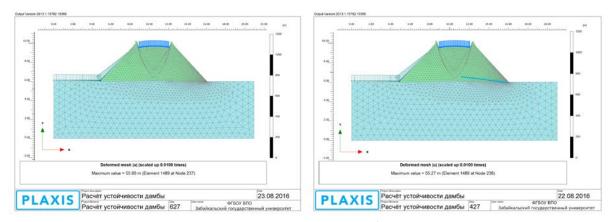


Рисунок 3.5 – Сетка деформации

без устройства (слева), с устройством управления фильтрацией (справа)

Коэффициент устойчивости сооружения (strength reduction factor) без устройства — 1,339 с устройством — 1,340. Таким образом, на основе данных моделирования установлено, что наличие устройства управления фильтрацией повышает общую устойчивость сооружения на 0,1 %.

3.3 Структура многослойной конструкции устройства управления фильтрационными процессами

В ходе проведения лабораторных исследований (Глава 2) были получены результаты, свидетельствующие о высокой эффективности устройства из волокнистых полимерных материалов и водонепроницаемой геомембраны. Волокнистый материал имеет высокую продольную водопроницаемость, обусловленную пористой структурой и выполняет работу по переносу воды за гидротехнического сооружения. Водонепроницаемая массива геомембрана служит для предотвращения выхода воды за пределы волокнистого материала и попадания воды в сухой массив грунта сооружения и основания. Основные параметры устройства управления фильтрацией – уклон и высота слоя определяются фильтрационным расчетом. Такой принцип работы устройства для сооружений на водонепроницаемом основании. Наличие водопроницаемого основания под гидротехническим сооружением вносит изменение в конструкцию, т.к. поступление воды в устройство осуществляется из массива пород сооружения и основания. Т.к. фильтрационный расход и положение кривой депрессии для сооружения и водопроницаемого основания будут различны необходима конструкция устройства с разделением волокнистого материала на два слоя. В данном случае водонепроницаемая геомембрана выполняет роль разделителя, вода поступающая из основания и сооружения движется раздельно. Ниже предложены конструкции устройства в зависимости от водопроницаемости основания (Рисунок 3.6).

Выбор типа устройства обусловлен характером горных пород основания сооружения по водопроницаемости.

На схеме А верхний элемент устройства, состоящий из нескольких слоев волокнистых полимерных материалов, который принимает воду из обводненной горной породы, обеспечивая ее перемещение за пределы сооружения. Ниже расположена полимерная геомембрана, выполняющая роль непреодолимого барьера для воды. В качестве геомембраны возможно использовать:

-гладкие геомембраны (пленки):

- -ПВД пленка по ГОСТ 16337-77 [61];
- -геомембраны HDPE Аником по ТУ 2246-001-77066742-2012 [62]
- -шероховатые геомембраны (пленки):
- -геомембрана HDPE Юнифол (Juta, Чехия) [63].

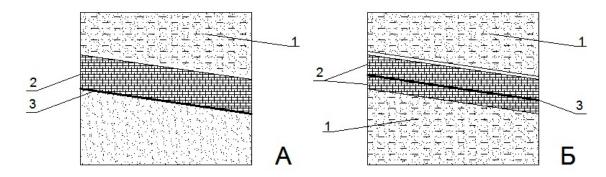


Рисунок 3.6. Конструкция пластового устройства на основе волокнистых полимерных материалах.

А-на водонепроницаемом основании; Б-на водопроницаемом основании1- обводненная горная порода; 2- волокнистый полимерный материал; 3- водонепроницаемая геомембрана

На схеме Б предусмотрено два элемента, разделенных геомембраной. Фильтрование воды из обводненной породы сооружения и основания осуществляется раздельно.

Процесс водоотведения с помощью устройства на основе волокнистых полимерных материалов представлен на рисунке 3.7.

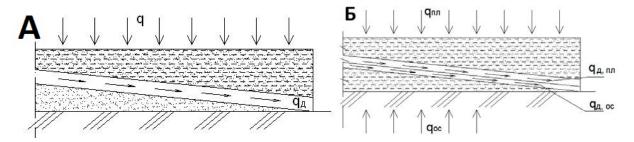


Рисунок 3.7 – Процесс водоотведения пластовым устройством

А- на водопронепроницаемом основании; Б- на водопроницаемом основании $q_{I\!I\!I\!I}$ – фильтрационный расход через тело сооружения м²/с;

 q_{oc} – фильтрационный расход через основание сооружения м²/с;

 $q_{\it Д}$ — Фильтрационный расход устройства м²/с

3.4 Фильтрационные процессы в теле плотины (дамбы) из горных пород

Фильтрация воды возможна через любой конструктивный элемент грунтовой плотины, а также в ее основании и берегах. Как известно, скорость фильтрации жидкости через грунт, являющийся пористой средой, в общем случае определяется уравнением Смрекера [48]:

$$v = k_{\sigma} \cdot I^{1/m}, \tag{3.9}$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/с;

I - градиент напора;

m-определяет режим фильтрационного потока и может изменяться в диапазоне $1 \le m \le 2$ в зависимости от типа грунта.

При $m \approx 1...1,1$ фильтрационный поток можно считать ламинарным, в свою очередь формула 3.9 переходит в уравнение А. Дарси:

$$v = k_{\sigma} \cdot I, \tag{3.10}$$

Такой режим фильтрации имеет место в мелкозернистых (глинистых и песчаных), а также некоторых крупнообломочных грунтах (гравийно-песчаных и даже плотных гравийно-галечниковых).

Кривая депрессии – «линия, образованная пересечением вертикальной плоскостью депрессионной поверхности подземного потока по направлению его течения» [43].

На рисунке 3.8 изображено движение фильтрационного потока в теле грунтового массива.

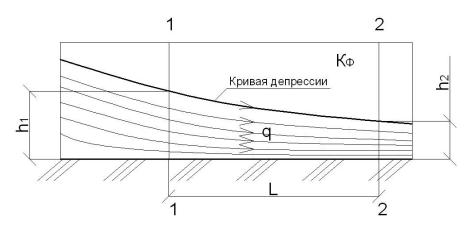


Рисунок 3.8 – Движение фильтрационного потока в грунтовом массиве

Для определения фильтрационного расхода *q* в массиве горных пород дамб и плотин применяют формулу Ж. Дюпюи, определенную для расчета движения фильтрационного потока воды по горизонтальному водоупору и имеющие вид 3.11 [1]:

$$\frac{q}{K_{\phi}} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \,, \tag{3.11}$$

где h_1, h_2 – глубины фильтрационного потока в сечении 1-1 и 2-2 соответственно (Рисунок 3.8), м;

L – расстояние между сечениями, м.

3.5 Фильтрационный расчет устройства управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов плотины из горных пород на водонепроницаемом основании

В однородной плотине на водонепроницаемом основании фильтрационный поток воды в теле плотины (Рисунок 3.9) имеет участки с различными значениями градиентов напора [78]. При расчетах наиболее широко применяется гидравлический метод эквивалентного профиля, в котором реальный поперечный профиль плотины заменяют на эквивалентный в фильтрационном отношении профиль с вертикальным верховым откосом (Рисунок 3.10). Несмотря на искажение профиля плотины параметры фильтрационного потока, вычисленные по этому методу, совпадают с аналогичными параметрами, полученными с использованием реального профиля плотины.

Расчет пластовых устройств управления фильтрацией из волокнистых материалов основывается на усовершенствованной методике, предложенной профессором В. М. Герасимовым [9].

На первом этапе необходимо рассчитать удельный расход воды через тело плотины q:

$$q = K_{\phi} \cdot a_0 \cdot \sin \beta \cdot (1 + \ln \frac{a_0 + h_0}{a_0})$$
 (3.12)

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта тела плотины, м/с;

 h_0 – превышение нижнего бъефа над основанием, м;

 a_0 – превышение точки выхода кривой депрессии над уровнем h_0 , м, определяется по формуле Е. А. Замарина [25]:

$$a_0 = \frac{S_1}{m_1} - \sqrt{\left(\frac{S_1}{m_1}\right)^2 - (H - h_0)^2}$$
 (3.13)

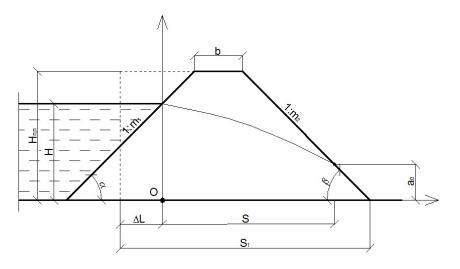


Рисунок 3.9 – К определению величины a_0

$$\Delta L = \frac{H \cdot m_1}{2m_1 + 1} \tag{3.14}$$

Применение пластовых устройств управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов позволяет изменить положение кривой депрессии, с целью снижения обводненности тела плотины в области низового откоса, что положительно сказывается на эксплуатации сооружения, предотвращая формирование водопроводящих каналов и размыва.

Уравнение кривой депрессии:
$$y = \sqrt{\frac{H^2}{x} - \frac{2 \cdot q}{K_{\phi}}}$$

Основными характеристиками, определяющие параметры конструкции устройства из волокнистых материалов, являются Lд, hд, i (уклон).

Определим, исходя из фильтрационного расхода воды, соотношение Lд/L, используя зависимость (Таблица3.3), полученную профессором Герасимовым В.М. [9].

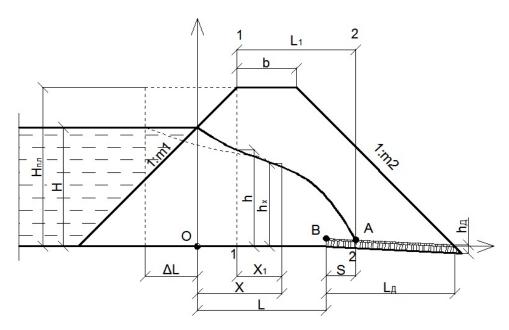


Рисунок 3.10 – Фильтрация воды через тело плотины (дамбы) из горных пород с устройством управления фильтрацией из волокнистых материалов на водонепроницаемом основании

Зная соотношение $L_{\mathbb{Z}}/L$ решим систему уравнений:

$$\begin{cases}
L_{\mathcal{I}} = -L_1 + b + m_2 \cdot H_{nn} + S \\
L = (H_{nn} - H) \cdot m_1 + b + (H_{nn} \cdot m_2 - L_{\mathcal{I}})
\end{cases}$$
(3.15)

где q — удельный фильтрационный расход, приходящийся на 1м длины сооружения, м 2 /с;

 K_ϕ – коэффициент фильтрации грунта, м/с;

 H_{nn} – высота плотины, м;

H – глубина воды в верхнем бъефе, м;

h – ордината депрессионной кривой в сечении 1-1, м;

 m_1 – коэффициент заложения верхового откоса;

 m_2 – коэффициент заложения низового откоса;

 $L_{\rm I}$ – расстояние между сечениями 1-1 и 2-2, м;

b – размер гребня плотины, м;

 $L_{\mathcal{A}}$ – ширина устройства из волокнистых материалов, м;

S – ширина рабочего участка устройства, м.

Таблица 3.3 - Зависимость соотношения размера устройства управления фильтрацией к ширине фильтрационного расхода от фильтрационного потока

Фильтрационный расход воды	Соотношение ширины устройства к ширине	
q, *10 ⁻⁶ м ² /сут	сооружения, $L_{\mathcal{A}} / L$	
1,0	0,20	
1,1	0,35	
1,2	0,42	
1,3	0,50	
1,4	0,88	

Длина рабочего участка устройства S, обеспечивающего приток воды [9] определяется (Рисунок 3.10):

$$S = \frac{0.5q}{K_{\phi}} \tag{3.16}$$

Эффективность пластового устройства определяется соотношением, для обеспечения надежности фильтрования предусмотрено превышение $q_{\mathcal{I}}$ над q на 15%, более высокое превышение может привести к контактному размыву [9] или повышенной суффозии грунтов:

$$q \le q_{\mathcal{I}} \tag{3.17}$$

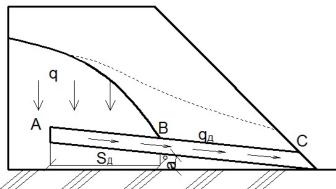


Рисунок 3.11 – Расчет фильтрационного расхода воды устройства управления фильтрацией

Напряжение сжатия σ , действующее от веса грунта на плоский слой устройства без учета бокового давления и сил сдвига, изменяется по линейному закону:

$$\sigma_H = \frac{\gamma \cdot L_{\pi}}{m_2} \tag{3.18}$$

где $^{\gamma}$ – удельный вес грунта, H/M^3 .

Фильтрационный расход воды волокнистого материала $q_{\mathcal{I}}$ определяется его продольной водопроницаемостью, определяемая коэффициентом $K_{\mathcal{I}}$. В свою очередь $q_{\mathcal{I}}$ необходимо принимать с учетом снижения водопроницаемости материала под действием внешнего давления $\sigma_{\mathcal{N}}$. Таким образом, величина фильтрационного расхода с учетом внешнего давления, создаваемого массивом горных пород сооружения определяется по 3.3, с учетом коэффициентов изменения фильтрационного расхода воды устройства.

Высота слоя материала определяется его продольной пропускной способностью по формуле 3.4. Подбор количества слоев волокнистого материала z осуществляется по формуле:

$$z = \frac{h_{\mathcal{I}}}{t} \tag{3.19}$$

где t — толщина слоя материала по заданию, мм.

Округляется до целого числа в большую сторону, принимается равной ближайшей марке по толщине волокнистого материала, в соответствии с технической документацией.

Учитывая нелинейные деформации сжатия волокнистого полимерного материала, высота слоя устройства управления фильтрацией определяется как [9]:

$$h_{A,1} = t \cdot z \cdot \left[1 - \left(\frac{\sigma_N}{0.15 \cdot 10^6 \cdot K \cdot \rho_0 \cdot t \cdot z \cdot g} \right)^{\frac{1}{n}} \right]$$
 (3.20)

где ρ_0 – плотность материала, г/см³;

K – поправочный коэффициент;

 g^{-} ускорение свободного падения, м/ c^{2} .

Таблица 3.4 – Значение поправочного коэффициента К

ρ_{0} , ke/m ³	70	90	110	130	150
K	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5

Значение угла наклона устройства управления фильтрационными процессами в сторону нижнего бъефа рассчитывается по формуле В.С. Козлова [48] с учетом изменения фильтрационного расхода устройства под действием внешнего давления по формуле 3.5.

3.5.1 Методика расчета устройства из волокнистых материалов на водонепроницаемом основании.

Исходными данными для расчета являются: высота плотины $(H_{пл}, M)$, заложение откосов (m1, m2), ширина гребня (b, M), уровень воды в верхнем бъефе (H, M), наименование и коэффициент фильтрации горной породы, слагающей плотину $(K_{\Phi}, M/c)$, коэффициент фильтрации, толщина и поверхностная плотность волокнистого материала устройства $(K_{Д}, M/c)$.

І. Фильтрационный расчет плотины

- 1)Определение величины эквивалентного профиля плотины по 3.14;
- 2)Определение точки выхода кривой депрессии на «сухой» откос по 3.13;
- 3)Определение фильтрационного расхода через тело плотины по 3.12;
- 4)Построение профиля плотины и кривой депрессии.
- II. Расчет оптимальных параметров устройства управления фильтрацией1)Расчет длины рабочего участка устройства по 3.16;
- 2)Определение ширины устройства по 3.15;
- 3)Определение нагрузки, действующей на устройство по 3.18;
- 4)Определение фильтрационного расхода воды устройства из условия 3.17;
- 5)Расчет высоты слоя пластового устройства по 3.4, 3.19-3.20;
- 6)Расчет уклона устройства в сторону нижнего бъефа по 3.5;

7) Проверка соблюдения допустимого уклона по условию 2.7.

Данная методика реализована в программе для ЭВМ Layer drenage_a (Глава 4).

Пример расчета:

Исходные данные:

 $H_{\text{пл}}=10$ м; m1=1:2, m2=1:2,5 b=3м; H=8м; Кф=1 м/сут (супесь гравелистая, $\gamma=1,6$ г/см³); Кд=100м/сут (Дорнит, марка 300, толщина 3мм).

Результат фильтрационного расчета плотины:

Эквивалентный профиль плотины:
$$\Delta L = \frac{8 \cdot 2}{2 \cdot 2 + 1} = 3,2 M$$

Превышение точки выхода кривой депрессии:

$$a_0 = \frac{35.2}{2} - \sqrt{\left(\frac{35.2}{2}\right)^2 - \left(8 - 0\right)^2} = 1,98M$$

Фильтрационный расход воды через тело плотины:

$$q = 1 \cdot 1,98 \cdot 0,37 \cdot (1+0) = 0,74 M^2 / cym$$

Уравнение кривой депрессии: $y = \sqrt{\frac{64}{x} - 1,48}$

Результат определения параметров устройства управления фильтрацией.

Длина рабочего участка устройства S, обеспечивающего приток воды: $S = \frac{0.74}{2} = 0.37 \, \mathrm{m}$

Исходя из значения фильтрационного расхода принимаем соотношение $\frac{L_{\it I}}{L}=0.2$, тогда получаем L=26,67 м , $L_{\it I}=5,33$ м .

Нагрузка на устройство:
$$\sigma_H = \frac{1.6 \cdot 5.33 \cdot 10}{2.5} = 34.11 \kappa H / M^2 = 0.0341 M\Pi a$$
.

Фильтрационный расход воды, проходящей через устройство: $q_{II} = 1.11 M^2 / cym$

Высота слоя устройства:
$$h_{\ddot{A}} = \frac{(1,11+0,208\cdot10^{-2}\cdot0,0341)\cdot5,33}{100\cdot(0,35+0,1)} = 0,1315\grave{\imath} = 13,2\grave{\imath}$$
,

Принимаем устройство из пять слоев волокнистого материала (Дорнит) толщиной 3 мм.

Значение угла наклона устройства в сторону нижнего бьефа:

$$i_{\ddot{A}} = \frac{2 \cdot (1,11 + 0,208 \cdot 10^{-2} \cdot 0,0341) - \frac{100 \cdot 0,1^{2}}{5,33}}{100 \cdot 0,1} = 0,20.$$

Тогда угол наклона устройства будет равен 10°.

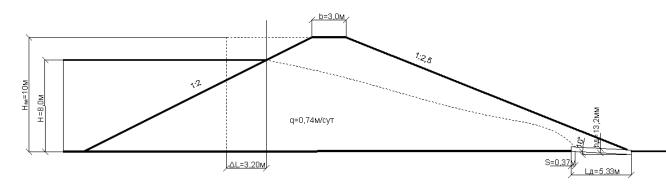


Рисунок 3.12 – Схема устройства управления фильтрацией плотины на водонепроницаемом основании

3.6 Фильтрационный расчет устройства управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов плотины из горных пород на водопроницаемом основании

Наличие водопроницаемого основания под гидротехническим сооружением вносит коррективы в фильтрационные расчеты [9]. В таких плотинах удельный расход, проходящий через их тело и основание, определяют по формуле 3.21, где первое слагаемое – расход через тело, второе – расход через основание.

$$q = q_{\Pi\Pi} + q_{OC} = \frac{K_{\phi,\Pi\Pi} \cdot H^2}{2L_P} + \frac{K_{\phi,OC} \cdot H_{OC} \cdot H}{L_P + 0.4H_{OC}}$$
(3.21)

где

H – глубина воды в верхнем бъефе, м;

 $H_{\it OC}$ – глубина водопроницаемого основания под сооружением, м;

 $K_{\Phi,\Pi\Pi}$ – коэффициент фильтрация грунта плотины, м/с;

 $K_{\phi, OC}$ — коэффициент фильтрация грунта основания, м/с;

$$L_P = \Delta L + L + S \tag{3.22}$$

 ΔL – эквивалентный вертикальный профиль плотины, м;

$$\Delta L = \frac{\alpha \cdot \beta_1 + \beta_2 \cdot \beta_3}{\alpha + \beta_2} \tag{3.23}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}}}, \ \beta_1 = m_1 \cdot H + 0.4 \cdot H_{OC}, \ \beta_2 = \frac{2m_1 \cdot H}{H_{OC}} + \frac{1.32}{m_1^{-1}}, \ \beta_3 = \frac{m_1 \cdot H}{2m_1 + 1}$$
(3.24)

S — ширина рабочего участка, м;

L – расстояние от оси ординат до точки выхода водяного потока, м;

Кривая депрессии для грунтовой плотины на водопроницаемом основании с устройством из волокнистого материала имеет два характерных участка: от точки О до A (уравнение 3.25) и от точки A до B (уравнение 3.26).

$$h_X = \sqrt{2\frac{q}{K_{\phi,\Pi\Pi}}(L + S + \frac{H_{OC}}{2} - x) + (h_{1-1} + \frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}}H_{OC})^2} - \frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}}H_{OC}}$$
(3.25)

$$h_X = \frac{h_{1-1}^2}{H_{OC}} \sqrt{\left[(\frac{H_{OC}}{h_{1-1}}) - 1 \right] \cdot (1 + 2\frac{L_1 + S - x}{H_{OC}}) + 1}$$
(3.26)

В свою очередь, величина $h_{\!\scriptscriptstyle 1-\!\scriptscriptstyle 1}$ находится по формуле:

$$h_{1-1} = \sqrt{\left(H + \frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}}H_{OC}\right)^{2} - 2\frac{q}{K_{\phi,\Pi\Pi}}\left(L_{P} - \frac{H_{OC}}{2}\right) - \frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}} \cdot H_{OC}}$$
(3.27)

Исходя из того, что в дренаж поступает вода от двух «источников»: фильтрация через тело плотины и грунтовые воды основания; устройство на основе волокнистого материала в данном случае имеет следующую конструкцию, (Рисунок 3.13).

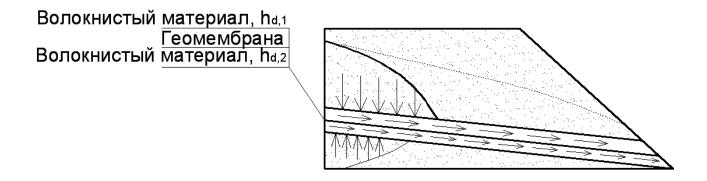


Рисунок 3.13 — Схема устройства управления фильтрацией сооружения на водопроницаемом основании

Таким образом, устройство управления фильтрационными процессами представляет из себя послойную конструкцию: верхний слой волокнистого материала для приема и отведения воды, фильтрующейся через тело плотины; водонепроницаемая полимерная геомембрана; нижний слой волокнистого полимерного материала — для отведения воды, поступающей из основания. Разделение устройства на две «водоносные зоны» необходимо для того чтобы исключить пересечение водных потоков и эффективного отведения.

Для расчета устройства управления фильтрацией предложенной конструкции необходимо произвести раздельный расчет толщины верхнего и нижнего слоев волокнистого полимерного материала.

Рассчитаем длину рабочего участка устройства, по аналогичной методике, как и на водонепроницаемом основании (Рисунок 3.12):

$$S = \frac{0.5 \cdot q}{K_{\phi, \mathcal{I}}} \tag{3.30}$$

где q – удельный расход через тело плотины, либо основание, м 2 /сут;

 $K_{\phi,\mathcal{I}}$ – коэффициент фильтрации волокнистого полимерного материала, м/сут

Высота устройства из волокнистого полимерного материала определяется продольной водопроницаемостью аналогично конструкции устройства сооружения на водонепроницаемом основании по формулам: 3.4, 3.19, 3.20.

В ходе исследований, профессором В.М. Герасимовым были установлены зависимости $h_{\mathcal{A}}-i_{\mathcal{A}}$ и $q_{\mathcal{A}}-i_{\mathcal{A}}$. Основываясь на полученных данных сделаны

следующие выводы: $L_{\mathcal{I}}$ должна находиться в диапазоне $0,3-0,5L_1$, а уклон $i_{\mathcal{I}}$ не должен превышать $0,25(15^{\circ})$, при таких показателях сохраняются функциональные характеристики устройства [9].

Напряжение сжатия σ , действующее от веса грунта на плоский слой устройства изменяется линейно:

$$\sigma_H = \frac{\gamma \cdot L_{\mathcal{A}}}{m_2} \tag{3.32}$$

где γ – удельный вес грунта сооружения, н/м³.

При увеличении сжимающего напряжения, действующего на устройство, снижается водопропускная способность, что снижает функциональность всего дренажа. Изменение водопроницаемости волокнистого материала, входящего в устройство рассчитывается по тем же формулам, что и для сооружений на водонепроницаемом основании.

3.6.1 Методика расчета устройства управления фильтрацией из волокнистых материалов на водопроницаемом основании.

Исходными данными для расчета являются: высота плотины ($H_{пл}$, м), заложение откосов (m1, m2), ширина гребня (b, м), уровень воды в верхнем бъефе (H, м), наименование и коэффициент фильтрации горной породы, слагающей плотину ($K_{\Phi,пл}$, м/с), наименование и коэффициент фильтрации горной породы, основания сооружения ($K_{\Phi,OC}$, м/с), коэффициент фильтрации, толщина и поверхностная плотность волокнистого материала дренажа (КД, м/с).

- I. Фильтрационный расчет плотины
- 1)Определение величины эквивалентного профиля плотины по 3.23, 3.24;
- 2)Определение точки выхода кривой депрессии на «сухой» откос по 3.26;
- 3)Определение фильтрационного расхода через тело плотины и основание по 3.21:
- 4)Построение профиля плотины и кривой депрессии.
 - II. Расчет оптимальных параметров устройства управления фильтрацией

- 1)Расчет длины рабочего участка устройства по 3.20, раздельно для участка тела плотины и основания;
- 2)Определение величины h_{1-1} по 3.27;
- 3)Определение уравнения кривой депрессии на участке I и II по 3.25, 3.26;
- 3)Определение нагрузки, действующей на устройство по 3.32;
- 4)Определение фильтрационного расхода устройства из условия 3.17, 3.21;
- 5)Расчет высоты слоя пластового устройства по 3.4, 3.19-3.20;
- 6)Расчет уклона устройства в сторону нижнего бъефа по 3.5;
- 7)Проверка соблюдения допустимого уклона по условию 2.7.

Данная методика реализована в программе для ЭВМ Layer drenage_b (Глава 4).

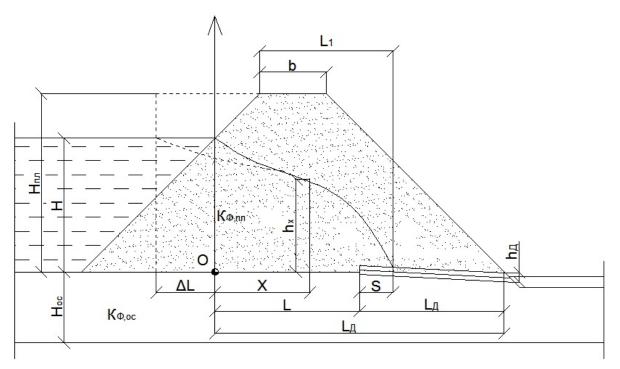


Рисунок 3.14 — Расчет устройства управления фильтрацией на водопроницаемом основании

Пример расчета

Исходные данные:

Вид гидротехнического сооружения – грунтовая подпорная плотина; Высота сооружения – 6м; Ширина гребня – 4,5м;

Заложение верхового откоса: 1:2;

Заложение низового откоса: 1:2,5;

Материал тела сооружения – песок мелкий ($\gamma = 1,42/cm^3, K_{\phi,OC} = 5m/cym$);

Глубина воды в верхнем бьефе – 4м;

Грунт основания – супесь ($\gamma = 1.82 / cm^3$, $K_{\phi,\Pi\Pi} = 2m / cym$);

Глубина водопроницаемого основания – 1,5м.

Материал устройства — Дорнит $\Phi 1$ ($\rho_0 = 400 \varepsilon / M^2 K_{\Phi, \mathcal{A}} = 100 M / cym$, t = 5 i i , $L_{\mathcal{A}} = 5 M$).

Расчет:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}}} = \sqrt{\frac{5}{2}} = 1,58, \ \beta_1 = m_1 \cdot H + 0,4 \cdot H_{OC} = 2 \cdot 4 + 0,4 \cdot 1,5 = 8,6,$$

$$\beta_2 = \frac{2m_1 \cdot H}{H_{OC}} + \frac{1,32}{m_1^{-1}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4}{1,5} + \frac{1,32}{0,5} = 13,31, \ \beta_3 = \frac{m_1 \cdot H}{2m_1 + 1} = \frac{2 \cdot 4}{2 \cdot 2 + 1} = 1,6$$

$$\Delta L = \frac{\alpha \cdot \beta_1 + \beta_2 \cdot \beta_3}{\alpha + \beta_2} = \frac{1,58 \cdot 8,6 + 13,31 \cdot 1,6}{1,58 + 13,31} = \frac{34,89}{14,89} = 2,34m,$$

$$L_P = \Delta L + L + S = 2,34 + 18,5 + S = 20,84 + S$$

$$q = q_{\Pi\Pi} + q_{OC} = \frac{K_{\phi,\Pi\Pi} \cdot H^2}{2L_P} + \frac{K_{\phi,OC} \cdot H_{OC} \cdot H}{L_P + 0,4H_{OC}} =$$

$$= \frac{5 \cdot 4^2}{2(20.84 + S)} + \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 4}{20.84 + S + 0.4 \cdot 1.5} = \frac{70}{41.68 + 2S} + \frac{12}{21.48 + S}$$

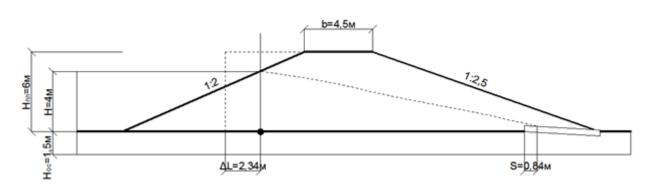


Рисунок 3.13 — Схема устройства из волокнистых материалов плотины на водонепроницаемом основании

Найдем рабочую длину участка устройства раздельно для каждого слоя:

$$\{q_{_{\varPi\varPi}}=\frac{70}{41,68+2S};$$
 Верхний слой:
$$S_{_{\varPi\varPi}}=\frac{0,5\cdot q_{_{\varPi\varPi}}}{100};$$
 тогда $q_{_{\varPi\varPi}}=1,68\text{\it M}^2\,/\,\text{\it cym}$, $S_{_{\varPi\varPi}}=0,84\text{\it m}$
$$\{q_{_{OC}}=\frac{12}{21,48+S}$$
 Нижний слой: $S_{_{OC}}=\frac{0,5\cdot q_{_{OC}}}{100}$ тогда $q_{_{OC}}=0,56\text{\it M}^2\,/\,\text{\it cym}$, $S_{_{OC}}=0,28\text{\it m}$

В свою очередь общий расход составляет:

$$q = q_{III} + q_{OC} = 2,24 \text{ m/cym}$$

Принимаем значение L_P относительно максимального значения S:

$$L_P = 20,84 + 0,84 = 21,68M$$

$$h_{1-1} = \sqrt{\left(H + \frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}}H_{OC}\right)^{2} - 2\frac{q}{K_{\phi,\Pi\Pi}}\left(L_{p} - \frac{H_{OC}}{2}\right) - \frac{K_{\phi,OC}}{K_{\phi,\Pi\Pi}} \cdot H_{OC}} = \sqrt{\left(4 + \frac{2}{5}1,5\right)^{2} - 2\frac{2,24}{5}\left(21,68 - \frac{1,5}{2}\right) - \frac{2}{5} \cdot 1,5} = 1,81M$$

Уравнение кривой:

На участке І:

$$h_{X} = \sqrt{2\frac{q}{K_{\Phi,\Pi\Pi}}(L + S + \frac{H_{OC}}{2} - x) + (h_{1-1} + \frac{K_{\Phi,OC}}{K_{\Phi,\Pi\Pi}}H_{OC})^{2}} - \frac{K_{\Phi,OC}}{K_{\Phi,\Pi\Pi}}H_{OC}} = \sqrt{2\frac{2,24}{5}(23,5 + 0,84 + \frac{1,5}{2} - x) + (1,81 + \frac{2}{5}1,5)^{2}} - \frac{2}{5}1,5} = \sqrt{28,29 - 0,9x} - 0,6$$

На участке II:

$$h_X = \frac{h_{1-1}^2}{H_{OC}} \sqrt{\left[(\frac{H_{OC}}{h_{1-1}}) - 1 \right] \cdot (1 + 2\frac{L_1 + S - x}{H_{OC}}) + 1} = \frac{1,81^2}{1,5} \sqrt{\left[(\frac{1,5}{1,81}) - 1 \right] \cdot (1 + 2\frac{18,5 + 0,84 - x}{1,5}) + 1} = 2,18\sqrt{-3,55 + 0,23x}$$

Рассчитаем нагрузку, действующую на устройство:

$$\sigma_H = \frac{\gamma \cdot L_{\pi}}{m_2} = \frac{1400 \cdot 5}{2,5} = 0,027 M\Pi a$$

Определим фильтрационный расход:

$$q_{\Pi,\Pi\Pi} = 1,15 \cdot q_{\Pi\Pi} = 1,15 \cdot 1,68 = 1,93 \text{ m}^2 / \text{cym}$$

 $q_{\Pi,OC} = 1,15 \cdot q_{OC} = 1,15 \cdot 0,56 = 0,64 \text{ m}^2 / \text{cym}$

Принимаем уклон устройства в сторону нижнего бьефа по наибольшему фильтрационному расходу:

$$i_{\ddot{A}} = \frac{\left[2 \cdot (q_{\ddot{A}} + \frac{\partial q_{\ddot{A}}}{\partial \sigma_n} \cdot \sigma) - \frac{\hat{E}_{\dot{O}, \ddot{A}} \cdot h_1^2}{L_{\ddot{A}}}\right] \cdot 10}{\hat{E}_{\dot{O}, \ddot{A}} \cdot h_1} = \frac{\left[2 \cdot (1,93 + 0,208 \cdot 10^{-2}) - \frac{100 \cdot 0,5^2}{5}\right] \cdot 10}{100 \cdot 0,5} = 0,2$$

Определим высоту устройства каждого слоя с учетом внешнего давления:

Верхний слой

$$h_{\ddot{A}, \ddot{I}\ddot{E}} = \frac{q_{\ddot{I}\ddot{E}} \cdot (L_{\ddot{A}} - S_{\ddot{I}\ddot{E}})}{K_{\hat{O}, \ddot{A}} \cdot i_{\ddot{A}} \cdot L_{\ddot{A}}} = \frac{1,68 \cdot (5 - 0,84)}{100 \cdot 0,2 \cdot 5} = 0,07 \, i$$

Нижний слой

$$h_{\ddot{A}, \hat{I}\tilde{N}} = \frac{q_{\hat{I}\tilde{N}} \cdot (L_{\ddot{A}} - S_{\hat{I}\tilde{N}})}{K_{\hat{O}, \ddot{A}} \cdot i_{\ddot{A}} \cdot L_{\ddot{A}}} = \frac{0.56 \cdot (5 - 0.28)}{100 \cdot 0.2 \cdot 5} = 0.026 \hat{i}$$

Таким образом, конструкция устройства представляет собой верхний слой из волокнистого полимерного материала толщиной 7 см (14 полотен материала); геомембрана (ПВД); нижний слой материала 2,6 см (5 полотен материала); с уклоном в сторону нижнего бъефа 0,2(10°).

3.7 Определение сходимости результатов

Для оценки достоверности методики расчета устройств управления фильтрацией на основе волокнистых полимерных материалов определим сходимость результатов, полученных по предложенной методике с данными моделирования методом конечных элементов Plaxis.

В качестве объекта оценки сходимости будет выступать длина рабочего участка устройства S и положение кривой депрессии.

Произведем расчет по методике, предложенной выше.

Исходные данные:

 $H_{\text{пл}}$ =4м; m1=1:1, m2=1:1 b=3м; H=3м; Кф=1 м/сут (супесь гравелистая); Кд=100м/сут (Дорнит, марка 300, толщина 7мм).

Фильтрационный расчет плотины:

Эквивалентный профиль плотины: $\Delta L = \frac{4 \cdot 1}{2 \cdot 1 + 1} = 1,33 M$,

Превышение точки выхода кривой депрессии: $a_0 = \frac{9,33}{1} - \sqrt{\left(\frac{9,33}{1}\right)^2 - (4-0)^2} = 0,90 \text{м}$;

Фильтрационный расход через тело плотины:

$$q = 1.0,90.0,71 \cdot (1 + \ln \frac{0.81 + 0}{0.81}) = 0.64 m^2 / cym$$
;

Длина рабочего участка устройства: $S = \frac{q}{K_{\phi}} = \frac{0.64}{1} = 0.64$ м

Уравнение кривой депрессии:
$$y = \sqrt{\frac{H^2}{x} - \frac{2 \cdot q}{K_{\phi}}} = \sqrt{\frac{9}{x} - 1,28}$$

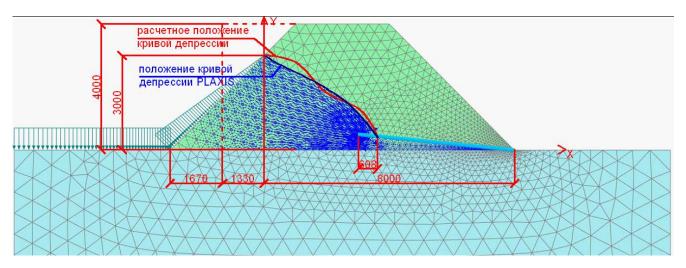


Рисунок 3.14 – Сходимость результатов

Длина рабочего участка устройства при моделировании в PLAXIS – 0,608м, при расчете – 0,64м, сходимость составляет 94%.

Сходимость результатов при построении кривой депрессии 95%.

Что достаточно объективно отражает характер и численные значения, получаемые при расчетах пластовых устройств управления фильтрационными процессами по предложенной методике.

3.8 Выволы

- 1) Определена последовательность фильтрационного расчета устройства управления фильтрационными процессами на водопроницаемом и водонепроницаемом основаниях.
- 2) Определена методика расчета общей устойчивости пластового устройства на основе волокнистых полимерных материалов с учетом полученных экспериментальных данных усилий сдвига и наклона устройства.
- 3) На основании экспериментальных данных, в фильтрационный расчет устройства внесены изменения, позволяющие учесть снижение фильтрационного расхода воды при увеличении внешнего давления.
- 4) В существующую методику расчета пластовых устройств из волокнистых материалов, основанной на теории фильтрации в пористых средах, внесены изменения, позволяющие производить расчет основных параметров устройства высота слоя и уклон.

Усовершенствованная методика является основой для расчета конструкций устройств управления фильтрацией на ЭВМ.

5) Определена сходимость результатов расчета устройств по предложенной методике и данных моделирования в среде PLAXIS:

Длина рабочего участка устройства – 94%;

Построение кривой депрессии – 95%.

Глава 4. Реализация методики расчета пластовых устройств управления фильтрационными процессами на ЭВМ.

Технико-экономические аспекты выбора конструкции устройства

4.1 Расчет устройств управления фильтрацией из волокнистых полимерных материалов с помощью ЭВМ

В главе 3 была представлена методика расчета пластовых устройств из волокнистых материалов плотин и дамб горнодобывающих предприятий. Данная методика основа на теории фильтрования в пористых средах. На основании проведенных экспериментальных исследований были внесены усовершенствования, позволяющие учитывать влияние давления массива горных пород сооружения при расчете высоты слоя и уклона устройства.

4.1.1 Разработка программы расчета устройства из волокнистых материалов из горных пород на водонепроницаемом основании

На основе усовершенствованной методики расчета пластовых устройств на основе волокнистых материалов, была разработана программа для ЭВМ «Layer drenage_a» [53], позволяющая автоматизировать процесс проектирования устройства из волокнистых материалов плотин и дамб на водонепроницаемом основании.

Программа написана на языке Object Pascal (в среде Delphi 7), для операционных систем MS Windows 98/2000/XP/Vista/7. Состоит из трех частей Unit1, Unit2, Unit3:

Первая часть программы (Unit1)

В качестве исходных параметров принимаются следующие показатели сооружений:

- а) параметры плотины:
- -превышение уровня воды над основанием в верхнем бьефе(Н1,м);
- -заложение верхового и низового откосов (m1, m2);
- -ширина гребня плотины (b, м);

- -коэффициент фильтрации грунта плотины (Кф,п, м/сут);
- -высота плотины (Н, м);
- превышение уровня воды над основанием в нижнем бьефе(h0,м);
- -удельный вес грунта плотины $(\gamma, \Gamma/\text{см}^3)$.
- б) параметры основания плотины:
- -тип основания (водопроницаемое или водонепроницаемое);
- -коэффициент фильтрации грунта основания (Кф,с, м/сут);
- -толщина водопроницаемого слоя (h0,c, м).
- в) параметры устройства:
- -поверхностная плотность волокнистого материала (Γ/M^2) ;
- -ширина устройства (Lд, м);
- -коэффициент фильтрации грунта основания (Кф,д, м/сут).

Блок-схема части Unit1 программы представлена в Приложении 5 (Блоксхемы построены с использованием программы AvtoShema v2.2, разработанная Захаркиным Д.А.), ее назначение – ввод данных и проверка соблюдения условия применимости программы.

Блок-схема части Unit2 программы представлена в Приложении 5. Данный блок программы выполняет основной расчет параметров пластового устройства, производит построение поперечного профиля сооружения и кривой депрессии с учетом работы пластового устройства из волокнистых материалов.

Результаты работы программы при следующих исходных данных:

$$H_1=4$$
м; $m_1=2,5$; $m_2=2$; $b=5$ м; $K_{\phi}=10$ м / сут; $H=6$ м; $h_0=0,5$ м; $\gamma=1,8$ г / см 3 $\rho_0=400$ г / M^2 ; $L_{\pi}=5$ м; $K_{\phi,\pi}=100$ м / сут представлен на Рисунке 4.1.

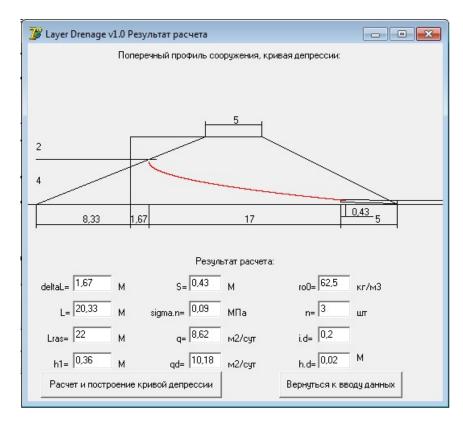


Рисунок 4.1 – Результат расчета по программе Layer drenage_a

Результаты работы программы представлены в виде следующих показателей: расстояние до эквивалентного вертикального профиля плотины (deltaL, м); расстояние от оси ординат до пластового устройства (L, м); фильтрационный расход на 1м длины сооружения (q, м²/сут); фильтрационный расход ядра (qd, м²/сут); ширина рабочего участка устройства (S, м); нагрузка, воспринимаемая конструкцией устройства (sigma,n, кН/м²); уклон устройства в сторону нижнего бъефа (id); высота слоя ядра (hd, м); объемная плотность волокнистого полимерного материала (го0, кг/м³), по которым производится построение кривой депрессии.

На основании результатов работы программы выполняется проектирование пластового устройства из волокнистых материалов. Изменяя начальные параметры применяемого волокнистого материала можно подобрать наиболее экономичную конструкцию устройства.

Предел применимости программы: высота плотины до 10м; ширина гребня 3...20м; коэффициент фильтрации массива горных пород плотины 2...20м/сут.

4.1.2 Разработка программы расчета устройства управления фильтрационными процессами горных пород на водопроницаемом основании

Программа для ЭВМ «Layer drenage_b» [54],предназначена для расчета пластовых устройств из волокнистых полимерных материалов искусственных плотин и дамб на водопроницаемом основании.

Как и программа «Layer drenage_a» написана на языке Object Pascal (в среде Delphi 7), для операционных систем MS Windows 98/2000/XP/Vista/7. Состоит из трех частей Unit1, Unit2, Unit3.

Помимо характеристик сооружения и волокнистых материалов, в качестве исходных данных необходимо указать параметры водопроницаемого основания: толщина слоя (h0,c, м); коэффициент фильтрации горных пород основания (Кф,c, м/сут).

Блок-схема части Unit1 программы представлена в Приложении 5, ее назначение ввод необходимых данных и проверка соблюдения условия применимости программы, а также расчет параметровнеобходимых для построения эквивалентного профиля.

ЧастьUnit2 программы выполняет основной расчет параметров пластового устройства на водопроницаемом основании, производит построение поперечного профиля сооружения и кривой депрессии с учетом работы пластового устройства.

Результат работы программы при следующих исходных данных:

$$H_1=4 \text{м}; \ m_1=2.5; \ m_2=2; \ b=5 \text{м}; \ K_{\phi}=10 \text{м/cym}; \ H=6 \text{м}; \ h_0=0.5 \text{м}; \ \gamma=1.8 \text{г/cm}^3$$

$$\rho_0=400 \text{г/m}^2; \ L_{\mathcal{A}}=5 \text{м}; \ K_{\phi,\mathcal{A}}=100 \text{м/cym}$$

$$h_{0,\mathcal{C}}=2.0 \text{м}; \ K_{\phi,\mathcal{C}}=25 \text{м/cym} \ \text{представлен на Рисунке 4.2}.$$

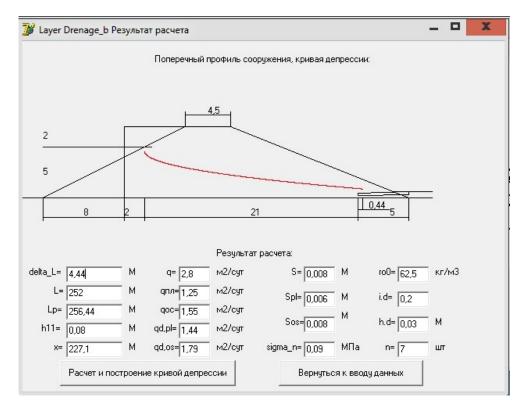


Рисунок 4.2 – Результат расчета по программе Layer drenage_a

Результаты расчетов по программе представлены следующими параметрами: расстояние до эквивалентного вертикального профиля плотины (deltaL, м); расстояние от оси ординат до пластового устройства (L, м); фильтрационный расход сооружения(qпл, $m^2/сут$); фильтрационный расход основания (qoc, $m^2/сут$) фильтрационный стороны сооружения (qd,pl, расход ядра co M^2/cyT); фильтрационный расход ядра со стороны основания (qd,pl, M^2/cyT); сумарный расход (q, м²/сут) ширина рабочего участка устройства (S, м); нагрузка, воспринимаемая конструкцией устройства (sigma,n, кH/м²); уклон устройства в сторону нижнего бьефа (id); высота слоя ядра (hd, м); объемная плотность волокнистого полимерного материала (го0, кг/м³), по которым производится построение кривой депрессии.

Предел применимости программы «Layer drenage_b» аналогичен программе «Layer drenage_a»

По условиям применимости программ «Layer drenage_a» и «Layer drenage_b» возможно производить расчет пластовых устройств плотин и дамб различных каскадов отстойников, водохранилищ, хвостохранилищ золотодобывающих предприятий на месторождениях Забайкальского края и Восточной Сибири.

4.2 Организация и технология выполнения работ

Технология монтажа устройства управления фильтрационными процессами включает в себя следующие этапы:

- 1) До начала монтажа устройства должны быть выполнены следующие работы (подготовка):
- -организовать отвод поверхностных и грунтовых вод от площадки строительства;
- -устроить подъездные пути и автодороги, обозначить пути движения машин и механизмов;
- -произвести геодезическую разметку положения в соответствии с проектом.
- 2) Подготовленное основание грунтовой плотины (дамбы) должно быть принято с составлением акта комиссией при участии заказчика, генподрядчика и проектной организации. В акте необходимо отразить соответствие расположения, отметок основания плотины (дамбы), фактического напластования и природных свойств грунтов данным проекта, соответствие уклона поверхности основания.
- 3) Укладка нижнего слоя волокнистого полимерного материала. Работы производятся вручную, доставка материала к месту укладки осуществляется автотранспортом. Нахлест соседних слоев материала должен составлять 10-12 см.
- 4) Укладка полиэтиленовой пленки производится аналогично укладке волокнистого материала. В период укладки не допускается движение автотранспорта по поверхности пленки.
- 5) Монтаж многослойного ядра. Высота слоя определяется расчетом. Укладка выполняется аналогично нижнему слою волокнистого материала.
- 6) Первичная отсыпка гравелистым песком. Выполняется с применением автосамосвалов, разравнивание с помощью бульдозеров. Высота слоя первичной отсыпки не менее 30 см. Дальнейшее возведение тела сооружения выполняется из породы по проекту.

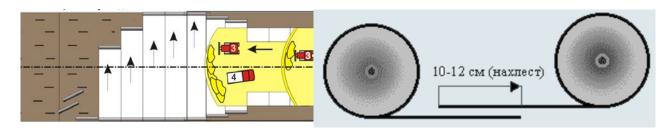


Рисунок 4.3 – Схема производства работ

Техника безопасности и охрана труда.

- 1)При устройстве пластовых устройств из волокнистых материалов гидротехнических сооружений следует соблюдать требования СНиП III-4-80* «Техника безопасности в строительстве», «Правил пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ», «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».
- 2)Погрузочно-разгрузочные площадки и склады волокнистого полимерного материала оборудуются специальным инвентарем, обеспечивающим безопасность производства работ по погрузке и разгрузке рулонов массой 50-150 кг. 3)Раскатку рулонов должна производить бригадой не менее чем из трех человек.
- 4)Засыпку уложенного волокнистого материала грунтом следует вести не ближе
- чем за 20 м от места раскатки рулонов или соединения полотен.
- 5)При обрезке полотен материала ручным инструментом необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

4.3 Технико-экономические показатели конструкции дренажа

Применение волокнистых полимерных материалов в конструкциях устройств управления фильтрационными процессами гидротехнических сооружений горнодобывающих предприятий является сравнительно новым направлением. Данные устройства позволяют — эффективно собирать, поступающую в них воду и беспрепятственно передавать ее за пределы гидротехнического сооружения; изменять форму и положение кривой депрессии.

Эффективность применения волокнистых материалов в искусственных грунтовых гидротехнических сооружений горнодобывающих предприятий

подтверждается лабораторными, теоретическими исследованиями, а также построением модели методом конечных элементов на ЭВМ.

Из многообразия рисков, которые присущи искусственным грунтовым плотинам горнодобывающих предприятий, целесообразно выделить следующие основные группы:

- -риски полного разрушения сооружения;
- -риски оползания откосов;
- -риски загрязнения нижележащих водоемов сточными водами;
- -риск замедления или полной остановки деятельности добывающего предприятия.

На основе анализа аварий и аварийных ситуаций, сценарий развивается по общей схеме Рисунок 4.4.



Рисунок 4.4 – Сценарий развития аварий и аварийных ситуаций

Обстоятельства возникновения аварий и аварийных ситуаций это условие или совокупность условий, которые прямо либо косвенно способствуют возникновению чрезвычайных ситуаций.

Аварийность и риск возникновения чрезвычайных ситуаций носит случайный характер, для оценки риска используются методы теории вероятностей и математической статистики.

Анализ показателей аварийности земляных плотин предприятий открытой добычи полезных ископаемых за период 2011...2016гг. по данным показал следующее:

Анализируемый период: 6 лет;

Количество водных объектов участвующих в добыче: 54 (по состоянию на 2013г.);

Зафиксировано аварийных ситуаций: 9 (за период 2011-2016гг);

Количество водных объектов, на которых произошли аварии: 8.

Таблица 4.2 – Количество аварийных ситуаций

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Кол-во аварийных ситуация	1	1	0	2	1	4

Сумма штрафов: 308 тыс. руб (за период 2011-2016гг);

Общий экологический ущерб: 1 257 тыс. руб (за период 2011-2016гг);

Экономические потери предприятий: 15 590 тыс. руб (за период 2011-2016гг);

Экономические потери предприятий связаны в первую очередь со снижением объемов добычи, выбытие трудовых ресурсов, расходами по локализации и ликвидации последствий, восстановление нормальной работы гидротехнических сооружений, упущенная выгода от досрочного отзыва лицензий на пользование недрами и т.д. [85].

Суммарный ущерб от возникновения аварийных ситуаций составляет: 17 155 тыс. руб.

Средний ущерб для одного предприятия, на котором произошла аварийная ситуация (Y):1 906 тыс. руб.

В большинстве случаев аварии грунтовых плотин происходят либо в период возведения либо на первых этапах эксплуатации – в течение 5-7лет после начала эксплуатации. В этот период полностью проявляются дефекты, допущенные при строительстве, устанавливается постоянный фильтрационный режим и деформации сооружения. Далее наступает длительный период – до 20лет, когда состояние сооружения стабилизируется, и вероятность возникновения аварий незначительна. После этого снова увеличивается опасность возникновения аварий в следствие развития анизотропии свойств горных пород, старения материалов и др. [84].

Экономическая эффективность применения устройств из волокнистых материалов рассчитывается методом интегральной вероятностной оценки риска.

Показатель D – количественная величина, доза негативного влияния определим как соотношение среднего количества зафиксированных аварийных ситуаций водных объектов, на которых ведется добыча к общему количеству задействованных объектов, находится в пределах: 0<D<1.

$$D = \frac{n}{N},\tag{4.3}$$

 $\Gamma_{\text{де}}$ *N* – общее количество задействованных в добыче водных объектов;

n – количества зафиксированных аварийных ситуаций водных объектов.

По заданной дозе негативного воздействия определяется «пробит-функция»:

$$Pr = a + b \cdot \ln(D), \tag{4.4}$$

где а, b – коэффициенты специфики процесса.

Определим значение коэффициентов специфики процесса. Критическая доза негативного воздействия, которая обязательно приводит к аварии, принимается за 1, т.е. D=1, т.к. это случай максимального риска. Минимальный риск будет при $D\to 0$. Будем считать, что при $D=0,5(D_{\max}+D_{\min})$ D=0,5 вероятность аварии составляет 50%, т.е. 50% вероятности будет при D=0,5. Далее рассмотрим известные свойства «пробит-функции»: 50% вероятность возникновения аварии соответствует значению «пробит-функции» равной 0, т.е. при $D=0,5\to \Pr=0$. Вместе с тем, вероятность возникновения аварии стремится к 100% уже при

значении Pr = 2, т.е. при $D = 1 \rightarrow Pr = 2$. Используем данные свойства «пробитфункции» для определенияпараметров а и b:

$$\begin{cases}
2 = a + b \cdot \ln(1) \\
0 = a + b \cdot \ln(0,5)
\end{cases}$$
(4.5)

Тогда коэффициенты специфики процесса определены: a = 2, b = 2,886

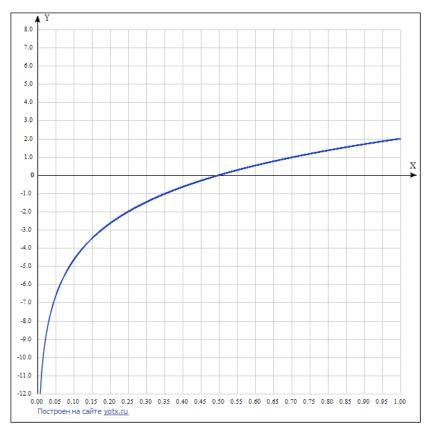


Рисунок 4.5 – График «пробит-функции» при известных коэффициентах процесса а и b

Вероятность аварийной ситуации вычисляется по «пробит-функции» при заданной дозе негативного воздействия и представляет собой интеграл Гаусса-Пуассона. При этом верхний предел интегрирования 4.6 представляет собой найденное значение «пробит-функции».

$$P(\Pr) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{\Pr} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$
 (4.6)

Основано на функции плотности распределения интеграла Гаусса-Пуассона:

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} dt \tag{4.7}$$

График функции распределения плотности представлен на рисунке 4.6.

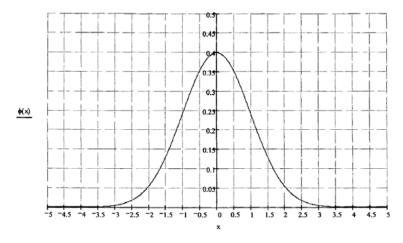


Рисунок 4.6 – График функции плотности распределения Гаусса-Пуассона Интеграл вероятности можно также записать в следующем виде [84]:

$$P(\Pr) = 0.5 \left[1 + erf\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\Pr\right) \right] = 0.5 \cdot erfc \left[-\frac{\sqrt{2}}{2}\Pr\right]$$
4.8

Исходя из вероятности возникновения аварийной ситуации определяется ее риск для предприятия:

$$R = P(\Pr) \cdot Y \tag{4.9}$$

у – ущерб от аварии (или негативного воздействия) руб.

Таблица 4.3 – Нормативное значение уровней риска [84,79]

Класс сооружения	Допустимый	Повышенный	Большой уровень	Аварийная
	уровень риска	уровень риска	риска	ситуация
	P _a , 1/год	P _a , 1/год	Р а, 1/год	P _a , 1/год
I	5*10 ⁻⁵	5*10 ⁻⁵ 7*10 ⁻³	7*10 ⁻³ 7*10 ⁻²	>7*10-2
II	5*10-4	5*10-42*10-2	2*10-20,10	>0,10
III	3*10 ⁻³	3*10-34*10-2	4*10-20,15	>0,15
IV	4*10 ⁻³	4*10 ⁻³ 5*10 ⁻²	5*10-20,20	>0,20

Согласно СП 58.13330.2012 дамбы и плотины предприятий открытой добычи россыпных месторождений относятся к IV-классу гидротехнических сооружений [79].

Применение пластовых устройств на основе волокнистых полимерных материалов позволяет снизить количество аварийных ситуаций за анализируемый период до 6.

Таким образом:

$$D_{\phi a \kappa m} = \frac{9}{54} = 0.17$$
 $D_{\partial p e \mu} = \frac{6}{54} = 0.11$

Рассчитаем значение «пробит-функции»:

$$\begin{split} P_{pr,\phi\alpha\kappa m} &= 2 + 2,89 \cdot \ln(0,17) = -3,12 \\ P_{pr,\partial peh} &= 2 + 2,89 \cdot \ln(0,11) = -4,38 \\ P_{pr,hodm} &= 2 + 2,89 \cdot \ln(0,15) = -3,48 \end{split}$$

Рассчитаем вероятность возникновения аварийной ситуации для двух случаев — плотины без устройства и плотины с устройством на основе волокнистых полимерных материалов:

$$P(\Pr)_{\phi a \kappa m} = 0.5 \cdot erfc \left[-\frac{\sqrt{2}}{2} \left(-\frac{3.12}{3.48} \right) \right] = 0.073$$

$$P(\Pr)_{\partial p e \mu} = 0.5 \cdot erfc \left[-\frac{\sqrt{2}}{2} \left(-\frac{4.38}{3.48} \right) \right] = 0.027$$

Определим риск для одного предприятия в обоих случаях:

$$R_{\phi a \kappa m} = 0.073 \cdot 1906 = 139,14 mыс.pyб / год$$

$$R_{\phi peu} = 0.027 \cdot 1906 = 52,92 mыc.pyб / год$$

Снижение уровня риска составляет: 62%

Тогда годовая экономическая эффективность (ЭЭ) использования пластовых устройств на основе ВПМ будет составлять разницу рисков:

$$\Im \theta = R_{\phi a \kappa m} - R_{\partial p e \mu} = 86,22 \tag{4.10}$$

Таким образом, экономическая эффективность в первые 5 лет эксплуатации будет равна – 431,1 тыс. руб.

Суммарная экономическая эффективность для всех водных объектов в первые 5 лет эксплуатации предприятия составляет – 23 279,4 тыс. руб

Трудозатраты на монтаж пластового устройства из волокнистых полимерных материалов состоят из сплошного устройства прослойки из нетканого синтетического материала в земляном полотне (ФЕР27-04-016-04) и устройстве гидроизоляционного слоя из полиэтиленовой пленки (ФЕР11-01-050-01) 65,25 чел-час на 1000м².

Таблица 4.4 — Технико-экономические показатели применения пластовых устройств из волокнистых материалов

№	Наименование показателя	Значение	Единица измерения
п/п		показателя	
1	Экономическая эффективность на предприятии, в течении	431,1	Руб.
	первых 5 лет эксплуатации		
2	Снижение уровня риска в результате применения	62	%
3	Срок службы волокнистого материала	> 50	лет
4	Трудоемкость монтажа пластового устройства на 1000 м ²	65,25	Чел-час

Таким образом, ожидаемый экономический эффект применения волокнистых материалов в конструкции устройства управления фильтрационными процессами по сравнению с дренажом из горных пород для одного среднестатистического предприятия ведущего добычу открытым способом в первые пять лет эксплуатации плотин и дамб составит 431,1 тыс. руб.

4.4 Выволы

- 1) Представленная методика расчета пластовых устройств из волокнистых материалов позволяет производить на ЭВМ определение основных показателей дренажей при заданных параметрах гидротехнических сооружений горнодобывающих предприятий.
- 2)Определена организация и технология выполнения работ по монтажу устройства управления фильтрационными процессами в теле плотины.
- 3) Проведена экономическая оценка применения предложенной конструкции устройства. Ожидаемый экономический эффект применения волокнистых материалов в первые шесть лет эксплуатации плотин составит 431,1 тыс. руб. Снижение уровня риска возникновения аварийной ситуации на 62%

Заключение

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований решена научно-техническая задача — повышение безопасности эксплуатации водных объектов предприятий гидромеханизированной золотодобычи за счет развития методики расчета устройств управления фильтрацией горных пород.

Основные научные и практические результаты выполненных исследований заключаются в следующем:

- 1. Выявлены основные причины возникновения чрезвычайных ситуаций и аварий при эксплуатации грунтовых ограждающих дамб на основе анализа и обобщения ранее выполненных исследований в области систем оборотного водоснабжения на золотоносных россыпных месторождениях Забайкалья и Дальнего Востока и фильтрации воды в сооружениях из горных пород.
- 2. Разработана математическая модель, описывающая процесс фильтрации в сооружении из горных пород во взаимодействии с волокнистыми полимерными материалами, произведено сравнение данных, полученных по предложенной методике расчета устройств на основе волокнистых материалов с данными, полученными при моделировании, что позволяет применять предложенную методику для расчета сооружений.
- 3. Установлено, что при увеличении давления, оказываемого на структуру из волокнистых полимерных материалов до 8 кПа, зависимость имеет нелинейный характер, фильтрационный расход воды в диапазоне 0...8 кПа снижается на 21-43%, в диапазоне 8...220 кПа зависимость имеет линейный характер, фильтрационный расход воды в диапазоне 8...220 кПа снижается на 3-8% (в зависимости от используемого волокнистого материала). Полученные результаты позволяют внести уточнение в расчет высоты слоя и уклона устройств управления фильтрацией, что обеспечивает высокую сходимость результатов расчета с данными фильтрационной модели.
- 4. На основании экспериментальных исследований выявлено, что наличие гладкой геомембраны не снижает общую устойчивость в диапазоне рекомендуемого уклона для устройства из волокнистых полимерных материалов,

таким образом, применение гладкой геомембраны допустимо в конструкции устройств управления фильтрацией.

- 5. Разработана методика определения параметров устройств из волокнистых полимерных материалов для сооружений на водопроницаемом и водонепроницаемом основаниях с использованием программ для ЭВМ, что позволяет автоматизировать процесс проектирования устройств управления фильтрацией плотин и дамб гидромеханизированных предприятий. Внесены корректировки в формулы расчета основных параметров устройств управления фильтрацией (высота слоя и уклон в сторону нижнего бьефа) на основании экспериментальных исследований, что дает возможность учесть собственный вес сооружений.
- 6. Экономический эффект в первые пять лет эксплуатации плотин одного участка добычи составит 431,1 тыс. руб. Снижение уровня риска возникновения аварийной ситуации на 62% обеспечивается за счет снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций и снижения затрат при эксплуатации сооружений из горных пород.

Список использованной литературы

- 1. Амшоков Б.Х. Методы фильтрационного расчета земляных плотин с грунтовыми и негрунтовыми противофильтрационными устройствами [Текст] / Б.Х. Амшоков // Новочеркасская государственная мелиоративная академия Новочеркасск, 2008. 197 с.
- 2. Бабич А.М. Ответ на письма ООО «ЖФМЗ» от 08.04.2015г. и РТН № 81/07-21-2015 [Текст] / А.М. Бабич // ЗАО «Механобр инжиниринг» Санкт-Петербург, 2015 3 с.
- 3. Бабелло В.А. Оценка устойчивости откосов отвалов вскрышных пород экспериментально-аналитическим методом [Текст] / В. А. Бабелло, Ю. М. Овешников, В. А. Стетюха, В. Ю. Галинов // Горный информационно-аналитический бюллетень № 8/2001 Москва, 2001 С.12-15
- 4. Березин В.П. Справочник по разработке россыпей [Текст] / В.П. Березина // Недра Москва, 1973. 592 с.
- 5. Бураков А.М. Технологические особенности строительства грунтовых плотин дражных полигонов в условиях россыпного месторождения криолитозоны [Текст] / А.М. Бураков, С.А. Ермаков, М.В. Каймонов, А.С. Курилко, Ю.А. Хохолов // Горный информационно-аналитический бюллетень. №8/2006 Москва, С. 271-275.
- 6. Бураков А. М. Экологическая оценка новых технологических решений разработки россыпей криолитозоны на примере месторождения «Горное» [Текст] / А.М. Бураков, С.А. Ермаков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований № 8, Москва 2013, С. 28-30
- 7. Булатов Г.Я. Надежность грунтовых плотин на сложных основаниях [Текст] / Г.Я. Булатов, Д.С. Гатанов // Magazine of Civil Engineering №4 Санкт-Петербург, 2012. С.2-9.
- 8. Волкова В.М. Повышение эффективности дражной разработки глинистых россыпей на основе совершенствования схем водоснабжения и реагентной

- обработки полигонов [Текст] / В.М. Волкова // автореферат дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук Москва, 1987. 20 с.
- 9. Герасимов В.М. Волокнистые полимерные материалы в геотехнологии: монография [Текст] / В.М. Герасимов // Читинский Государственный Университет (ЧитГУ) Чита, 2010. 207с.
- 10. Герасимов В.М. Научно-методические основы управления фильтрационными свойствами и состоянием горных пород при их контактном взаимодействии с синтетическими волокнистыми полимерами [Текст] / В.М. Герасимов // Читинский Государственный Технический Университет Чита, 1999. 349с.
- 11. Герасимов В.М. Особенности расположения плоских дренажей в грунтовых сооружениях [Текст] / В.М. Герасимов // Вестник Читинской организации научнотехнического общества строителей: сборник научных статей, ЧитГУ Чита, 1998. С.172-175.
- 12. Герасимов В.М. Расчеты пластовых дренажей грунтовых сооружений [Текст] / В.М. Герасимов // Вторая научно-техническая конференция, посвященная 25-летию Горного института, ЧитГУ Чита, 1999. С.134-136.
- 13. Герасимов В.М. Исследование фильтрационных свойств волокнистых полимерных материалов при изменении давления [Текст] / В.М. Герасимов, Е.И. Нижегородцев // Системы. Методы. Технологии №.4(20). Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ, 2013 С. 153-157.
- 14. Герасимов В.М. Научно-методические основы управления фильтрационными свойствами и состоянием горных пород при их контактном взаимодействии с синтетическими волокнистыми полимерами [Текст] / В.М. Герасимов // ЗабГУ Чита, 1999. 407с.
- 15. Герасимов В.М. Отведение грунтовых вод из тела искусственной грунтовой насыпи с помощью пластовых дренажей [Текст] / В.М. Герасимов, Е.И. Нижегородцев // Вестник Забайкальского Государственного университета № 8 (87). Чита: ЗабГУ, 2012. С. 12-15.
- 16. Герасимов В.М. Экспериментальные исследования процесса дренирования в плоских дренажах из волокнистых полимерных материалов [Текст] / В.М.

- Герасимов, Е.И. Нижегородцев // Вестник Забайкальского регионального отделения Российской Академии Естественных Наук № 1(5) Чита, 2012-2013 С. 67-69.
- 17. Городниченко В.И. Основы горного дела [Текст] / В.И. Городниченко, А.П. Дмитриев // Горная книга Москва,2008. 456с.
- 18. ГОСТ Р 53225-2008 Материалы геотекстильные. Термины и определения [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии // Стандартинформ Москва, 2009. 15с.
- 19. ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение [Текст] / Госстандарт России Москва, 2004. 47с.
- 20. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии // Стандартинформ Москва, 2012. 42с.
- 21. ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии // Стандартинформ Москва, 2011. 82с.
- 22. ГОСТ 16337-77 Полиэтилен высокого давления. Технические условия [Текст] / Госстандарт СССР Москва, 1977г. 38c
- 23. ГОСТ 52608-2006 Материалы геотекстильные. Методы определения водопроницаемости [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии // Стандартинформ Москва, 2006. 18с.
- 24. Железняков Г.В. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика [Текст] / Г.В. Железняков // Стройиздат Москва, 1983. 543с.
- 25. Замарин Е. А. Проектирование гидротехнических сооружений [Текст] / Е.А. Замарин // Сельхозиздат Москва, 1961г. 228с.
- 26. Информационное агентство Стрингер. В результате прорыва дамбы Магаданская область отравлена цианидам [Текст] URL: http://cherchel.livejournal.com/3876.htm (дата обращения 14.06.2015г.).

- 27. Казарновский В.Д. Осадка насыпи, армированной геотекстилем, на слабом основании [Текст] / В.Д. Казарновский, А.И. Скляднев // Автомобильные дороги №2 Москва, МАДИ 1990. С.6-7.
- 28. Калашник А.И. Исследование ограждающего насыпного гидротехнического сооружения как прототипа дамбы хвостохранилища горно-обогатительного предприятия [Текст] / А.И. Калашник, Н.А. Калашник // Вестник Кольского научного центра РАН № 1(12)/2013 Апатиты, С. 27-30.
- 29. Калашник Н.А. Компьютерное моделирование насыпной земляной плотины как прототипа ограждающей дамбы хвостохранилища [Текст] / Н.А. Калашник // Международный научно-исследовательский журнал, №9 –Екатеринбург, 2012, С. 52-54
- 30. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам [Текст] / П.Г. Киселев // Энергия Москва, 1974. 312с.
- 31. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды [Текст] / В.И. Кичигин Москва: Издательство АСВ, 2003 230 с.
- 32. Коробков Н.Ф. Как защитить насыпь. Об укрепительных противоэрозионных конструкциях с объемными георешетками на выемках автомобильной дороги [Текст] / Н.Ф. Коробков, Ю. Шеин // Автомобильные дороги №6 Москва 2004. С.20-22.
- 33. Коробков Н. Ф. Северный вариант. О водопроницаемости геотекстильных материалов в противоэрозионных экранах для защиты насыпей в криолитозоне [Текст] / Н.Ф. Коробков // Автомобильные дороги №5 Москва 2004. С.26-27.
- 34. Костромин М.В. А.С. №1434814 (СССР). Плотина из местных материалов на высокольдистых основаниях в суровых климатических условиях [Текст] / М.В. Костромин, С.Г. Позлутко, С.В. Зайцев // Зарегистрировано 01.07.1988г.
- 35. Костромин М. В. Проблемы дражной разработки континентальных россыпей [Текст] / М. В. Костромин, Г. А. Юргенсон, С. Г. Позлутко. Новосибирск: Наука, 2007 180 с.
- 36. Костин В. И. Как применять дренирующие прослойки из геотекстиля / В.И. Костин, В.И. Куканов // Автомобильные дороги №6– Москва 1989. С.9-10.

- 37. Лаврушин Г.А. Механика иглопробиных нетканых материалов [Текст] / Г.А. Лаврушин, Е.Г. Лаврушина, Л.А. Серебрякова // Дальневосточный федеральный университет Владивосток, 2011. 132с.
- 38. Левашов Г.М. Анализ отечественных и европейских нормативных документов, устанавливающих метод определения стойкости геосинтетических материалов к циклическим нагрузкам [Текст] / Г.М. Левашов, О.А. Рычкова, В.В. Сиротюк, О.В. Якименко // Материалы VII всероссийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» Омск, 2012.- С. 94-98.
- 39. Лешков В.Г. Разработка россыпных месторождений [Текст] / В.Г. Лешков. Москва: Недра, 1985. 568с.
- 40. Лупачев О.Ю. Применение геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве в качестве противофильтрационных элементов плотин и дамб [Текст] / О.Ю. Лупачев, В.И. Телешев // Гидротехника № 1(14) Санкт-Петербург, 2009. —С. 71-75.
- 41. Львович Ю. М. Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве. Обзорная информация. Выпуск 7 [Текст] / Ю.М. Львович // Информационный центр по автомобильным дорогам «Информавтодор» Москва 2002г 77с.
- 42. Магадан Дальний Восток. Экологическая катастрофа в Магаданской области. Прорыв дамбы на Карамкенском хвостохранилище цианидов [Текст] URL: http://imagadan.livejournal.com/70747.html (дата обращения 14.06.2015г.).
- 43. Маккавеев А.А. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии [Текст] / А.А.Маккавеев, О.К. Ланге // Гостоптехиздат Москва, 1961. 74с.
- 44. Максимович Н.Г. Создание геохимических барьеров для улучшения экологической обстановки при разработке россыпных месторождений [Текст] / Н.Г. Максимович // Вестник Пермского университета № 4(13) Пермь, 2011. С. 97-104.
- 45. Матвеев С. А. Эффект армирования. Влияние структуры армирования основания дорожной одежды на его физико-механические свойства [Текст] / С.А. Матвеев // Автомобильные дороги № 7, Москва 2004. С. 23-25.

- 46. Мельников Н.В. Теория и практика открытых разработок [Текст] / Н.В. Мельников, М.С. Арсентьев, Газизов //Недра Москва, 1973. 636с.
- 47. Мухамеджанов Г.К. Сила и слабость российского геотекстиля [Текст] / Г.К. Мухамеджанов // Технический текстиль №1 Москва, 2001. С.10-12.
- 48. Нестеров М.В. Гидротехнические сооружения: учебное пособие [Текст] / М.В. Нестеров // ООО Новое издание Москва, 2006. 616с.
- 49. Нижегородцев Е.И. Водопонижение оснований подземных тоннелей и штолен, пересекающие водоносные грунтовые слои, с помощью волокнистых полимерных материалов [Текст] / Е.И. Нижегородцев // Горный информационно-аналитический бюллетень №10. Москва: Горная книга, 2013. С 384-391.
- 50. Нижегородцев Е.И. Экспериментальные исследования процесса дренирования в плоских дренажах из волокнистых полимерных материалов [Текст] / Е.И. Нижегородцев // Молодой ученый №4 (63). Казань: ООО «Издательство Молодой ученый», 2014. С.227-229.
- 51. Нижегородцев Е.И. Исследование сдвиговых усилий при контакте горных пород с волокнистыми полимерными материалами [Текст] / Е.И.Нижегородцев // XLI научно-практическая конференция студентов, магистрантов и аспирантов Забайкальского государственного университета. Молодежная научная весна. Сборник материалов. Часть 1. Чита: ЗабГУ, 2014. С.233-237.
- 52. Нижегородцев Е.И. Учет нормального давления при расчете горизонтальных пластовых дренажей из волокнистых полимерных материалов грунтовых плотин горнодобывающих предприятий на водонепроницаемом основании [Текст] / Е.И. Нижегородцев // IV Международная научная конференция «Технические науки в России и за рубежом». Москва: Буки-Веди, 2015. С.131-134.
- 53. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015612310 Layer drenage_a. Правообладатель и автор Нижегородцев Е.И. Заявл. № 2014663731 от 24.12.2014г; опубл. 17.02.2015г.
- 54. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015615908 Layer drenage_b. Правообладатель и автор Нижегородцев Е.И. Заявл. № 20155613233 от 14.04.2015г; опубл. 27.05.2015г.

- 55. Ничипорович А.А. Плотины из местных материалов [Текст] / А.А. Ничипорович // Стройиздат – Москва, 1973. - 320с.
- 56. Павленко П.В. Ответ на запрос № 02/610 от 05.02.2016г. [Текст] / П.В. Павленко // Министерство природных ресурсов и промышленной политики Забайкальского края (Минприроды Забайкальского края) Чита, 2016 1с.
- 57.Пат. 2426832. Способ строительства земляного водоподпорного сооружения в теплый период (варианты). Российская Федерация / Б.Л.Тальгамер, Ю.В. Бокунов // Патентообладатель ГОУ ИрГТУ. E02B7/06
- 58. Пат. 2481437. Насыпь и способ ее возведения. Российская Федерация / В.П. Ягин, А.В. Мордвинов, С.А. Путивский, С.А. Генкин // Патентообладатель Ягин В.П. E02D17/18
- 59. Пат. 2474646. Каменно-земляная плотина. Российская Федерация / В.П. Ягин // Патентообладатель Ягин В.П. Е02В7/06
- 60. Пат. 2469147. Плотина из грунтовых материалов. Российская Федерация / В.П. Ягин, В.А. Вайкум, В.А. Поваренкин // Патентообладатель В.П. Ягин Е02В7/06 61. Пат. 2465395. Плотина из грунтовых материалов. Российская Федерация / В.П.
- Ягин // Патентообладатель В.П. Ягин Е02В7/06
- 62. Пат. 2453655. Грунтовая плотина на многолетнемерзлом основании. Российская Федерация / В. П. Ягин, В.А. Гришин, В.Г. Оголь, В.А.Вайкум // Патентообладатель В.П. Ягин E02B7/06, E02B3/16
- 63. Пат. 2434992. Способ повышения экологической безопасности находящегося в эксплуатации пойменного гидроотвала отходов предприятия. Российская Федерация / Т.В. Лейманн, Н.Р. Папко, Г.А. Чупин, С.А. Генкин, В. П. Ягин // Патентообладатель В.П. Ягин Е02В7/06, E02В3/16
- 64. Пат. № 2126868. Плотина. Российская Федерация / В.М. Герасимов, А.В. Рашкин // Патентообладатель Читинский Государственный Университет E02B7/06 65. ПБ 03-498-02 Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом [Текст] /, Госгортехнадзор России // ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность» Москва, 2003. 147 с.

- 66. Позлутко С. Г. Физико-технические методы повышения эффективности горноподготовительных работ при разработке мерзлых и глинистых россыпей [Текст] / С.Г. Позлутко // Читинский государственный технический университет Чита, 2000.- 200 с.
- 67. Полуновский А.Г. Геоматериалы для дорожного строительства [Текст] / А. Г. Полуновский // Автомобильные дороги №3 Москва, 1985г.
- 68. Полуновский А. Г. Способы использования геотекстиля в дорожных конструкциях [Текст] / А.Г. Полуновский // Автомобильные дороги №4 Москва, 1985. С.11-12.
- 69. Поляков О.А. Золотодобывающая промышленность Забайкальского края [Текст] / О.А. Поляков // Федеральный информационно-аналитический альманах «Россия. Власть, экономика, общество. Имена и судьбы». Москва: Регионпресс. Книга, 2009. С.76-77.
- 70. Пономарчук К.Р. Разработка методики оценки параметров процесса формирования проранов при прорывах грунтовых плотин [Текст] / К.Р. Пономарчук // Москва, 2001. 120с.
- 71. Правительство Забайкальского края. Инвестиционный паспорт Забайкальского края [Текст] // URL: http://zabkrai-invest.ru (дата обращения 25.12.2014г.).
- 72. Распопин Г.А. Гидротехнические сооружения. Грунтовые плотины, береговые водосбросы и специальные ГТС [Текст] / Г.А. Распопин // ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта» Новосибирск, 2007. 165с.
- 73. Рассказов Л.Н. Грунтовые плотины вчера и сегодня Актуальные проблемы гидротехники. Материалы всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения лауреата государственной премии РСФСР, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, доктора технических наук, профессора Розанова Николая Павловича [Текст] / Л.Н. Рассказов // МГУП Москва, 2012. С.139-156.
- 74. Рашкин А. В. Тепловая и водная подготовка горных пород при разработке мерзлых россыпей [Текст] / А.В. Рашкин, П.Б. Авдеев, Ю.В. Субботин // Издательство «Горная книга» Москва, 2007 352с.

- 75. Рейтинг золотодобывающих компаний РФ. Забайкальский край [Текст] // URL: http://eruda.ru (дата обращения 15.02.2014г.).
- 76. Рекомендации по проектированию сооружений хвостохранилищ в суровых климатических условиях [Текст] / Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии Госстроя СССР Москва: 1977.-150с.
- 77. РМГ 43-2001 ГСИ. Применение Руководства по выражению неопределенности измерений [Текст] / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации Минск, 2001.- 20с.
- 78. Розанов Н.П. Гидротехнические сооружения [Текст] / Н.П. Розанов, Я.В. Бочкарев, В.С. Лапшенков // Агропромиздат Москва, 1985. 432с.
- 79. Рувинский В.И. Еще о применении синтетических нетканых материалов [Текст] / В.И. Рувинский // Автомобильные дороги № 10 Москва, 1981. С. 16-17.
- 80. СНиП 33-01-2003 (СП 58.13330.2012) Гидротехнические сооружения. Основные положения [Текст] / Госстрой России Москва, 2003. 30 с.
- 81. СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84* [Текст] / Госстрой СССР Москва, 1984. 52с.
- 82. СТБ EN 13254-2009 Геотекстиль и материалы из геотекстиля. Требования к материалам для применения в строительстве водоподъемных плотин и водохранилищ [Текст] / Госстандарт Минск, 2009. 77с.
- 83. Сводный сметный расчет капитальных затрат на строительство Быстринского ГОКа [Текст] / ООО «Востокгеология» Чита, 2014. 12с.
- 84. Типовые материалы для проектирования 820-04-28.87 Плотины земляные насыпные высотой до 15м с крепленым верховым откосом [Текст] / Ленгипроводхоз Москва, 1987. 62с.
- 85. Субботин Ю.В. Разработка эффективных способов подготовки мерзлых пород к выемке и водоподготовки на объектах россыпных месторождений Забайкалья [Текст] / Ю.В. Субботин // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук Чита, ЧитГУ, 2008 297с.

- 86. Тимофеева Е.А. Расчеты риска в гидротехническом строительстве [Текст] / Е.А. Тимофеева // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Москва, ОАО НИИ ВОДГЕО, 2009. 165с.
- 87. ТУ 2246-001-77066742-2012 Лист полимерный для гидроизоляции (геомембрана) [Текст] / ООО «Аником» Барнаул, 2012 72с.
- 88. ТУ 5774-023-18603495-2006 Материалы строительные рулонные изоляционные марок: СПАНЛАЙТ A, AR, B, D [Текст] / , ООО «Гекса-нетканные материалы» Московская область, 2006 –С.51.
- 89. ФЗ-117 О безопасности гидротехнических сооружений [Текст] /, ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность» Москва, 1997. 10 с.
- 90. Хафизова А.Р. Фильтрационные исследования грунтовой плотины Таналыкского водохранилища [Текст] / А.Р. Хафизова, Д.Н. Кутлияров // Мелиорация и водное хозяйство № 5 Москва 2007г, С.36-38
- 91. Чугаев Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения. Теоретические основы расчета [Текст] / Р.Р. Чугаев // Энергия Ленинград, 1967, 460с.
- 92. Швец С.М. Концептуальные основы формирования инновационноинвестиционной политики в минерально-сырьевом комплексе [Текст] / С.М. Швец // Иэ УрО РАН – Екатеринбург, 2011. – 453 с.
- 93. Шевченко Ю.С. Золотодобывающая отрасль Забайкальского края: состояние и ближайшие перспективы [Текст] / Ю.С. Шевченко, О.И. Рыбаков, А.А. Сарванов // Горный информационно-аналитический бюллетень № 4 / Москва 2010. С. 46-54
- 94. Шевчук Г.А. Перспективы развития и освоения минерально-сырьевой базы юго-восточного Забайкалья [Текст] / Г.А. Шевчук, Ю.Ф. Харитонов, А.Б. Карманов // Горный журнал № 5 Москва. ИД «Руда и металлы». 2010. С.34-37 95. Шорохов С.М. Разработка россыпей открытыми работами [Текст] / С.М. Шорохов Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1948 561 с.

- 96. Штейн В.Д. Опыт применения геотекстильных материалов в строительстве горнотранспортных коммуникаций [Текст] / В.Д. Штейн, В.Т. Караськин // ЦНИИцветмет экономики и информации Москва 1988. 56 с.
- 97. Шуваев Д.П. Ответ на запрос № 03-22/1164 от 31.12.2015г. [Текст] / Д.П. Шуваев // Управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) по Забайкальскому краю Чита, 2015 2 с.
- 98. Щербина Е.В. Геосинтетические материалы в строительстве: Монография [Текст] / Е.В. Щербина // М. Издательство АСВ Москва 2004. 112с.
- 99. Эльцер А.Н. Армирование при строительстве автомобильных дорог [Текст] / А.Н. Эльцер // Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет Уфа, 2009. 20с.
- 100. Юзбеков Н.С. Проблемы оценки состояния грунтовых плотин [Текст] / Н.С. Юзбеков // Технологии гражданской безопасности № 2 Москва, ФГБУ ВНИИ ГОЧС, 2004. С.62-65.
- 101. Ялтанец И.М. Гидромеханизированные и подводные горные работы: учебник для вузов [Текст] / И.М. Ялтанец Москва, ООО «Центр Инновационных технологий», 2012 717 с.
- 102. Ялтанец И.М. Проектирование гидромеханизации открытых горных пород: учебное пособие для вузов [Текст] / Ялтанец И.М. // Издательство МГГУ, Москва, 1994. 481с.
- 103. Яромко В. Н. Труды союздорнии. Выпуск 201 [Текст] / В.Н. Яромко // БелдорНИИ Москва,2001. С.70-76.
- 104. Alok Jha Hungary toxic sludge spill an 'ecological catastrophe' says government [Text] / Alok Jha // The guardian, Hungary, 2010
- 105. Environmental and Safety Incidents concerning Tailings Dams at Mines: Results of a Survey for the years 1980-1996 [Text] / Mining Journal Research Services; a report prepared for United Nations Environment Programme, Industry and Environment, Paris, 1996 129 pp

- 106. ISO 12957–1:2005 Геосинтетика. Определение характеристик трения. Часть 1. Прямое испытание на сдвиг [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 2005. 8c.
- 107. ISO 12957–2:2005 Геосинтетика. Определение характеристик трения. Часть 2. Испытание на наклонной плоскости [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 2005. 10c.
- 108. ISO 13431:1999 Геотекстиль и продукция на его основе. Определение деформации при растяжении и разрыва при деформации [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 1999. 16c.
- 109. ISO 13437:1998 Геотекстиль и связанные с ним изделия. Метод установки и выборки образцов в грунте и испытание этих образцов в лаборатории [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 1999. 9c.
- 110. ISO 19708:2007 Геосинтетика. Метод моделирования дефекта под бетонным дорожным или защитным покрытием, брусчаткой с помощью асфальтировочного катка [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 2007. 7c.
- 111. ISO 20432:2007 Определение долгосрочной прочности геосинтетики для упрочнения грунта. Руководящие указания [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 2007. 31c.
- 112. ISO 25619-1:2008 Геосинтетика. Определение поведения при сжатии. Часть 1. Свойства сползания при сжатии [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 2008. 20c.
- 113. ISO 25619-2:2008 Геосинтетика. Определение поведения при сжатии. Часть 2. Определение поведения при краткосрочном сжатии [Текст] / International Organizations for Standardization Schweiz, 2008. 7c.
- 114. Petticrew E.L. The impact of a catastrophic mine tailings impoundment spill into one of North America's largest fjord lakes: Quesnel Lake, British Columbia, Canada [Text] / Ellen L. Petticrew, Sam J. Albers, Susan A. Baldwin, Eddy C. Carmack, Stephen J. Déry, Nikolaus Gantner, Kelly E. Graves, Bernard Laval, John Morrison, Philip N. Owens, Daniel T. Selbie, Svein Vagle // Geophysical Research Leetters, 2015, 3347-3356 pp

115. Richmond B.C. Omai Tailings Dam Failure - Final Report on Technical Causation [Text] / B.C. Richmond // Guyana Geology and Mines Commission, BiTech Publishers Ltd, Canada, 1996. – 200 pp

Приложение 1 Результаты экспериментальных исследований Таблица 1.1 – Результаты испытаний по определению зависимости «внешнее давление – фильтрационный расход воды»

Волокнисты	Волокнисты Давление на		Объем профильтровавшейся воды*,		Расход	Удельный	
йматериал	йматериал устройство из		\overline{V}	непосредственных	воды, *10-6	фильтрационный	
(марка) волокнистого				измерений	м ³ /с	расход воды, *10 ⁻⁶	
	материала, кПа	иала, кПа		(абсолютная	Q	M^2/c	
	$\sigma_{_H}$	МЛ	M ³	погрешность), мл		$q_{_{\mathcal{I}}}$	
				$\pm\Delta\overline{V}$,,	
1	2	3	4	5	6	7	
№ 1 (M400)	0	210	0,000210	19,1	3,50	11,67	
	2	155	0,000155	9,5	2,58	8,60	
	4	140	0,000140	19,1	2,33	7,77	
	6	130	0,000130	9,5	2,17	7,23	
	8	121	0,000121	9,5	2,02	6,73	
	10	120	0,000120	11,9	2,00	6,67	
	40	119	0,000119	9,5	1,98	6,60	
	70	118	0,000118	7,2	1,97	6,58	
	100	117	0,000117	11,9	1,96	6,55	
	130	117	0,000117	7,2	1,96	6,55	
	160	116	0,000116	9,5	1,94	6,47	
	190	116	0,000116	4,8	1,94	6,47	

220	115	0,000115	4,8	1,92	6,41

| Продолжение Таблица 1 – Результаты испытаний по определению зависимости «внешнее давление – фильтрационный расход воды»

фильтрационный расход						
1	2	3	4	5	6	7
№ 2 (M300)	0	200	0,000200	31,0	3,33	11,1
	2	170	0,000170	16,7	2,83	9,43
	4	155	0,000155	11,9	2,58	8,60
	6	143	0,000143	21,5	2,38	7,93
	8	141	0,000141	4,8	2,35	7,83
	10	139	0,000139	16,7	2,32	7,73
	40	136	0,000136	9,5	2,27	7,57
	70	135	0,000135	14,3	2,25	7,50
	100	135	0,000135	9,5	2,25	7,50
	130	134	0,000134	7,2	2,24	7,48
	160	133	0,000133	7,2	2,23	7,44
	190	133	0,000133	2,4	2,23	7,44
	220	132	0,000132	10,7	2,22	7,40
№ 3 (M250)	0	198	0,000198	23,9	3,30	11,00

2	185	0,000185	28,6	3,08	10,27
4	175	0,000175	23,9	2,92	9,73
6	171	0,000171	19,1	2,85	9,50

Продолжение Таблица 1 – Результаты испытаний по определению зависимости «внешнее давление – фильтрационный расход воды»

1	2	3	4	5	6	7
	8	156	0,000167	14,3	2,61	8,71
	10	153	0,000153	2,4	2,56	8,53
	40	148	0,000148	14,3	2,47	8,23
	70	146	0,000146	19,1	2,44	8,13
	100	146	0,000146	14,3	2,44	8,13
	130	146	0,000146	16,7	2,44	8,13
	160	145	0,000145	7,2	2,43	8,10
	190	145	0,000145	19,1	2,43	8,10
	220	144	0,000144	7,2	2,40	8,00

^{*-}объем воды, прошедшей через конструкцию устройства за 1 мин (60с).

Таблица 1.2 – Результаты испытаний по определению зависимости сцепления

Контактная система	Вертикальная	Внешнее давление, кПа	Усилие сдвига,	Погрешность непосредственных	Касательное
	нагрузка, кгс	$Q = \frac{N}{A}$	кгс (Н)	измерений (абсолютная	напряжение, кПа
	N	\mathcal{Q}^{-}/A	\overline{T}	погрешность), Н	$ au_n = \overline{T}/A$
				$\Delta \overline{T}$	$\iota_n - /A$
1	2	3	4	5	6
«волокнистый материал-	4,5	9	1,7 (16,66)	16,38	3,33
гладкая геомембрана»	9	18	4,52 (44,30)	17,76	8,86
сухой контакт				·	- ,
	27	53	10,6 (103,88)	21,09	20,78
	45	88	18,1 (177,38)	21,09	35,48
	63	124	24,6 (241,08)	11,67	48,22
	105	207	30,28 (296,75)	31,81	59,35
«волокнистый материал -	4,5	9	1,09 (10,70)	7,16	2,14
гладкая геомембрана» - влажный контакт	9	18	3,91 (38,30)	6,87	7,66
ыажный контакт	27	53	9,69 (94,95)	14,12	18,99
	45	88	17,29 (169,45)	11,97	33,89
	63	124	23,59 (231,20)	72,50	46,24
	105	207	29,50 (289,10)	116,96	57,82

1	2	3	4	5	6
«волокнистый материал -	4,5	9	3,01 (29,50)	4,81	5,9
шероховатая геомембрана»	9	18	6,94 (68,00)	5,89	13,6
сухой контакт	27	53	14,5 (142,10)	23,45	28,42
	45	88	24,0 (235,20)	49,15	47,04
	63	124	34,11 (334,30)	70,14	66,86
	105	207	42,31 (414,65)	58,60	82,93
«волокнистый материал -	4,5	9	1,68 (16,55)	6,08	3,31
шероховатая геомембрана»	9	18	5,83 (57,15)	6,18	11,43
влажный контакт	27	53	13,59 (133,20)	23,54	26,64
	45	88	23,09 (226,30)	25,60	45,26
	63	124	33,0 (323,40)	42,28	64,68
	105	207	40,93 (401,10)	71,00	80,22

Приложение 2. Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

POCCHIÄCKASI DELLEPALLINSI



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2015612310

Layer drenage_a

Правообладатель: Нижегородцев Евгений Иванович (RU)

Автор: Нижегородцев Евгений Иванович (RU)



路路路路路

密

密

斑

路

路

密

路路

密

密

恕

路

松

斑

松

路

路

路

路路

路

松

路

路路

松

母

斑

松

松

路路路路

松

路

路

田

路路

松

路

路

路路

Заявка № 2014663731

Дата поступления 24 декабря 2014 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 17 февраля 2015 г.

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий

路路路路路路路

岛

密

安

路

密

密

岛

母

安

斑

密

密

密

松

密

松

斑

密

岛

母

安

岛

密

密

斑

松

松

松

安

松松松松松松

斑

路路

Продолжение приложения 2. Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

POCCHÜCKASI ФЕДЕРАЩИЯ



Приложение 3. Акты об использовании результатов научной работы

Утверждаю:

Директор рудника

000 «Мангазея Майнинг»

В.И. Богомолов

2015 г.

AKT

об использовании результатов кандидатской диссертационной работы

Комиссия в составе:

Шилов А.Г. – главный инженер рудника ООО «Мангазея Майнинг»,

Тюменцев Ю.А. – главный технолог рудника ООО «Мангазея Майнинг» подтверждает, что основные результаты диссертационной работы аспиранта Забайкальского Государственного Университета Е. И. Нижегородцева по повышению устойчивости дамб и плотин горнодобывающих предприятий с помощью пластовых дренажей из волокнистых полимерных материалов, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в виде технических предложений по выполнению конструктивных схем искусственных дамб и плотин из горных пород.

Применение результатов работы позволяет повысить устойчивость гидротехнических сооружений (дамб и плотин) и сократить последующие затраты на их обслуживание. Эффективность в период эксплуатации достигается за счет снижения затрат на содержание и ремонтно-восстановительные мероприятия искусственных гидротехнических сооружениях.

Fromenyel W. A.

Продолжение приложения 3. Акты об использовании результатов научной работы



AKT

об использовании результатов кандидатской диссертационной работы Нижегородцева Евгения Ивановича

Комиссия в составе:

Голованов Н.И. – главный специалист ООО «Закаменск-лес»,

Андреевский П.Г. – старший геолог ООО «Закаменск-лес»,

Нижегородцев Е.И. – аспирант Забайкальского государственного университета

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Е. И. Нижегородцева по повышению устойчивости дамб и плотин на основе использования пластовых дренажей из геосинтетических материалов, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в виде:

-Технических предложений по выполнению конструктивных схем искусственных плотин из горных пород.

Использование предложенных систем позволяет снизить вероятность образования сосредоточенной фильтрации через тело плотины, суффозии деформации и оползание откосов грунтовых плотин, сократить дальнейшие затраты на обслуживание и ремонт искусственных плотин, также снижает рись возникновения аварийных ситуаций. Экономический эффект от дренажей на основе геосинтетических материалов, предложенных Е. И. Нижегородцевым в первые 5 лет использования составляет 153,403 т. р. Эффективность достигается за счет уменьшения затрат на содержание и ремонтно-восстановительные работы.

FOR	Н. И. Голованов
5 Johnnes	П. Г. Андреевский
May -	Е. И. Нижегородцев

Продолжение приложения 3. Акты об использовании результатов научной работы

ЛИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Забайкальский государственный

университет» (ФГБОУ ВПО «ЗабГУ»)

Александро-Заводская ул., д. 30, г. Чита, 672039 Россия Тел. (302-2) 41-64-44, 41-66-00

Факс: (302-2) 41-64-44 Web-server: <u>www.zabgu.ru</u>

E-mail: mail@zabgu.ru ОКПО 02069390, ОГРН 1027501148652

ИНЦ/КВИ 7534000257/753601001 На № ОТ утверждаю:

Ректор Забайкальского

государственного университета,

д р техн. наук, профессор,

С.А. Иванов

04 » 10 2016 I

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы

Нижегородцева Евгения Ивановича «Обоснование параметров и методики расчета дренажа из волокнистых полимерных материалов плотин при разработке россыпных месторождений» в учебный процесс.

Мы, нижеподписавшиеся, начальник учебно-методического управления Забайкальского государственного университета Т.А. Плюснина, декан факультета строительства и экологии Ю.М. Кон, заведующий кафедрой открытых горных работ, д-р техн. наук, профессор Ю.М. Овешников, д-р техн. наук, профессор В.М. Герасимов составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Е.И. Нижегородцева, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, используются в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по дисциплинам «Основы горного дела», «Геотехнология открытая», для студентов направления 130400.65 «Горное дело», специализации «открытые горные работы».

Председатель комиссии, начальник учебно-методического управления

/Т.А. Плюснина/

Декан факультета строительства и экологии

/Ю.М. Кон/

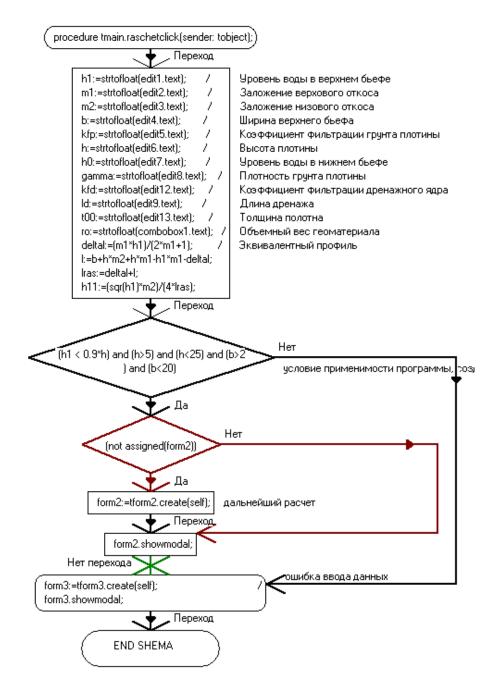
Зав. кафедрой ОГР, д-р техн. наук, профессор

/Ю.М. Овешников/

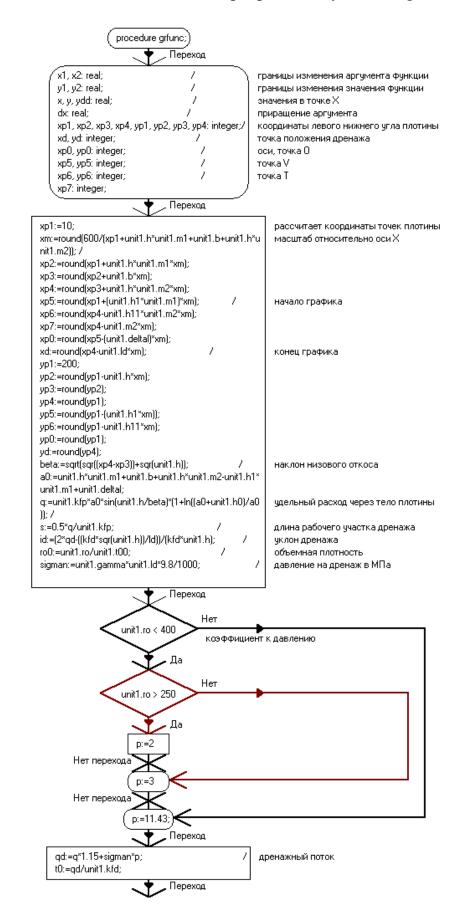
Д-р техн. наук, профессор

/В.М. Герасимов/

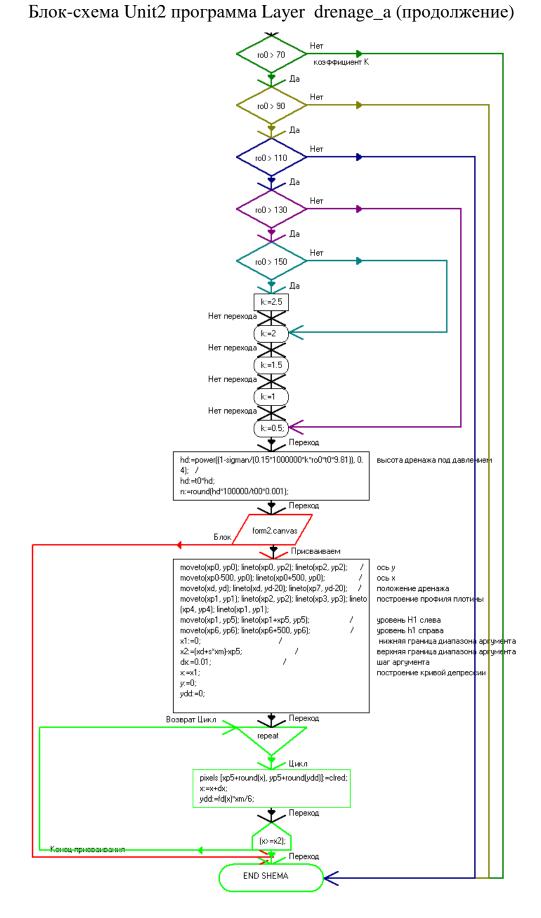
Приложение 4. Блок-схемы програм для ЭВМ Блок-схема Unit1 программа Layer drenage_a



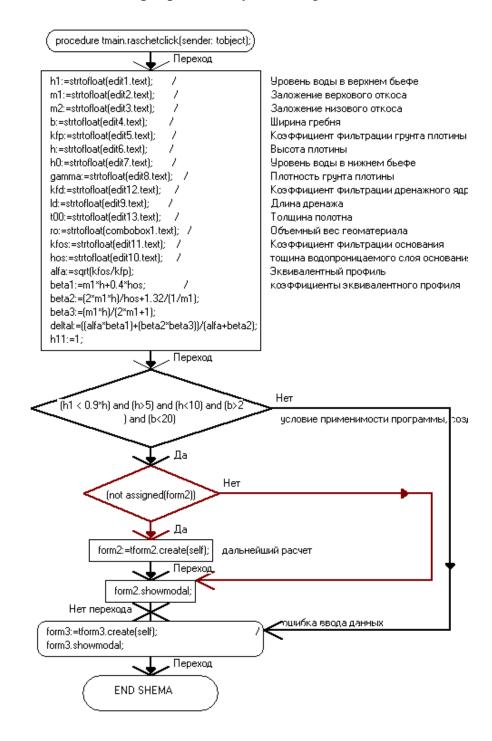
Продолжение приложения 4. Блок-схемы програм для ЭВМ Блок-схема Unit2 программа Layer drenage_a



Продолжение приложения 4. Блок-схемы програм для ЭВМ



Продолжение приложения 4. Блок-схемы програм для ЭВМ Блок-схема Unit1 программа Layer drenage_b



Приложение 5. Расчет в программном комплексе

PLAXIS

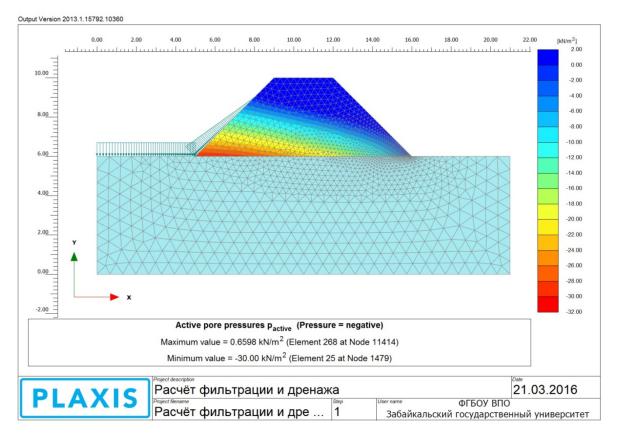
PLAXIS		essential for geotechnical professionals
Project description	: Расчёт фильтрации и дренажа	Output Version 2013.1.15792.10360
User name	: ФГБОУ ВПО Забайкальский государственный университет	
Project filename	: Расчёт фильтрации и дренажа	Date: 21.03.2016
Output	: Materials	Page: 1

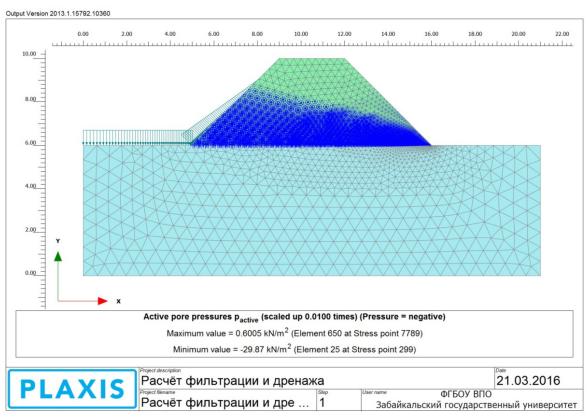
Material set			
Identification number		1	2
Identification		Грунт основания-суглинок	Грунт сооружения-супесь
Material model		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type		Drained	Drained
Colour		RGB 161, 226, 232	RGB 134, 234, 162
Comments		Суглинок	Супесь
General properties			
γ _{unsat}	kN/m³	19.60	14.70
γ_{sat}	kN/m³	20.00	19.40
Advanced			
Void ratio			
Dilatancy cut-off		No	No
e _{init}		0.5500	0.5500
e _{min}		0.000	0.000
e _{max}		999.0	999.0
Damping			
Rayleigh α		0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000
Stiffness			
E	kN/m²	25.00E3	30.00E3
v (nu)		0.3600	0.3000
Alternatives			
G	kN/m²	9191	11.54E3
E _{oed}	kN/m²	42.02E3	40.38E3
Strength			
c _{ref}	kN/m²	300.0E3	150.0E3
φ (phi)	0	30.00	25.00
ψ (psi)	0	0.000	0.000
Velocities			
V _s	m/s	67.83	87.75
V _p	m/s	145.0	164.2
Advanced	0,000		
Set to default values		Yes	Yes
Stiffness			
E _{inc}	kN/m²/m	0.000	0.000
y _{ref}	m	0.000	0.000
Strength			
c _{inc}	kN/m²/m	0.000	0.000
y _{ref}	m	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes
Tensile strength	kN/m²	0.000	0.000
Strength		20000001-T8	79800 N.T.
Strength		Rigid	Rigid
R _{inter}		1.000	1.000
Consider gap closure		Yes	Yes
Real interface thickness			
δ _{inter}		0.000	0.000
Inter		0.000	0.000

PLAXIS		essential for geotechnical professionals
Project description	: Расчёт фильтрации и дренажа	Output Version 2013.1.15792.10360
User name	: ФГБОУ ВПО Забайкальский государственный университет	
Project filename	: Расчёт фильтрации и дренажа	Date: 21.03.2016
Output	: Materials	Page: 2

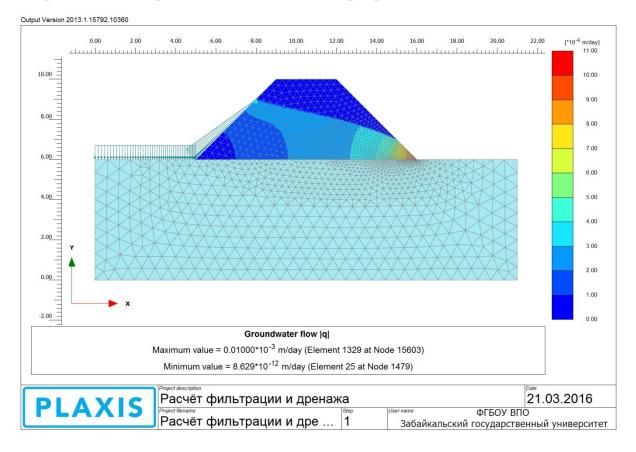
Identification		Грунт основания-суглинок	Грунт сооружения-супесь
K0 settings			
K ₀ determination		Automatic	Automatic
K _{O,x}		0.5000	0.5774
Model			
Data set		USDA	USDA
Model		Van Genuchten	Van Genuchten
Soil			
Туре		Loam	Loamy sand
< 2 μm	%	20.00	6.000
2 μm - 50 μm	%	40.00	11.00
50 μm - 2 mm	%	40.00	83.00
Parameters			
Set to default values		No	No
k _x	m/day	0.01000E-6	0.01000E-3
k _y	m/day	0.01000E-6	0.01000E-3
-Ψunsat	m	10.00E3	10.00E3
e _{init}		0.5500	0.5500
Change of permeability			
c _k		1.000E15	1.000E15

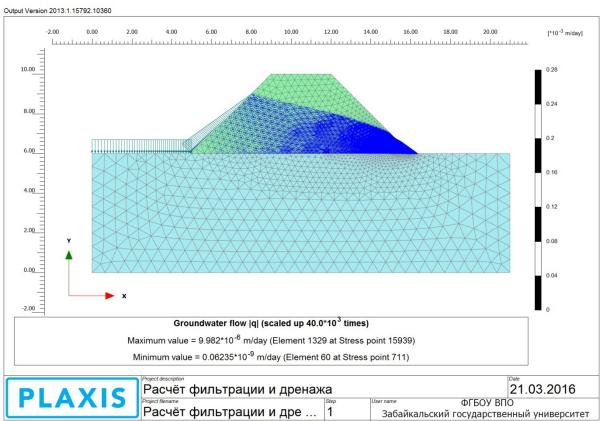
Продолжение приложения 5. Расчет в программном комплексе PLAXIS Без устройства управления фильтрацией



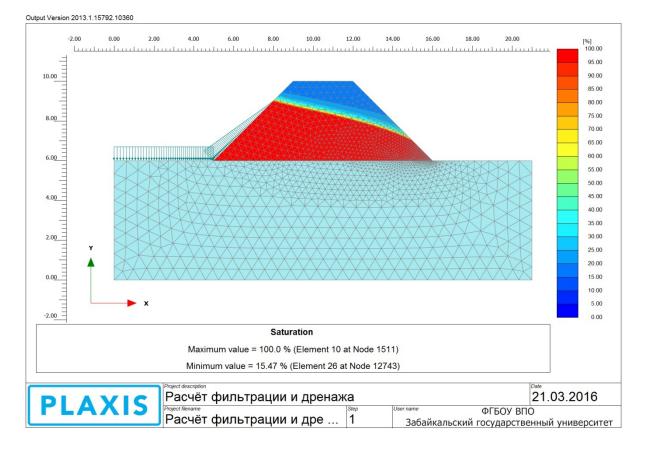


Активное поровое давление



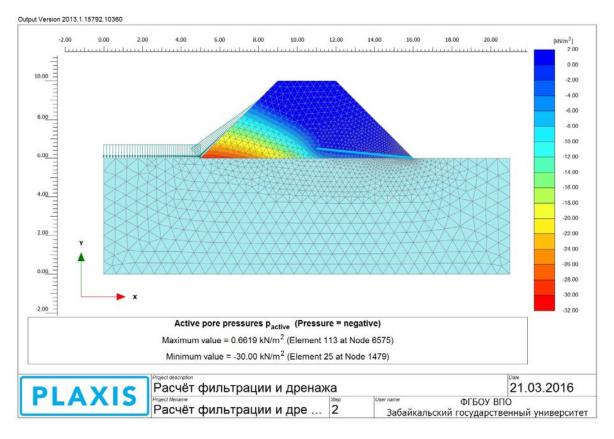


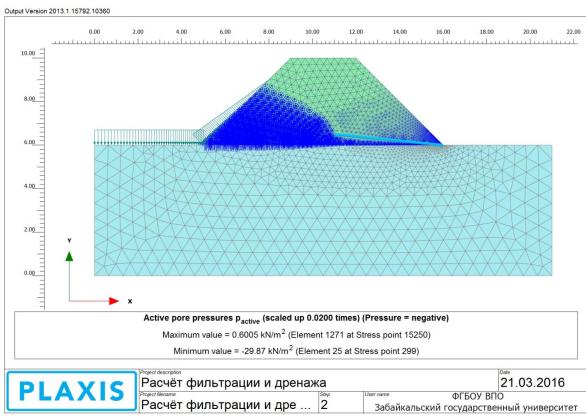
Поле фильтрации грунтовых вод

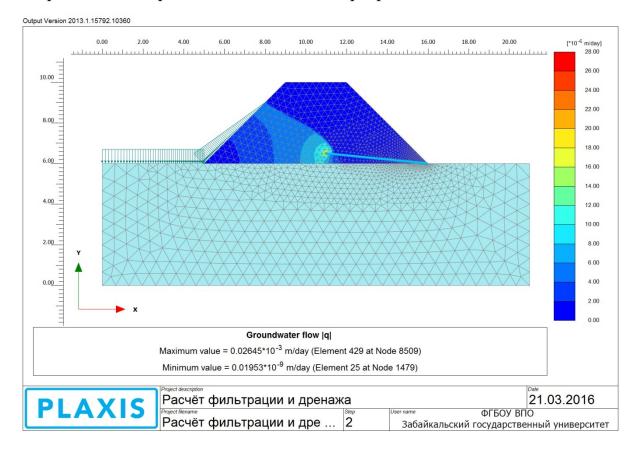


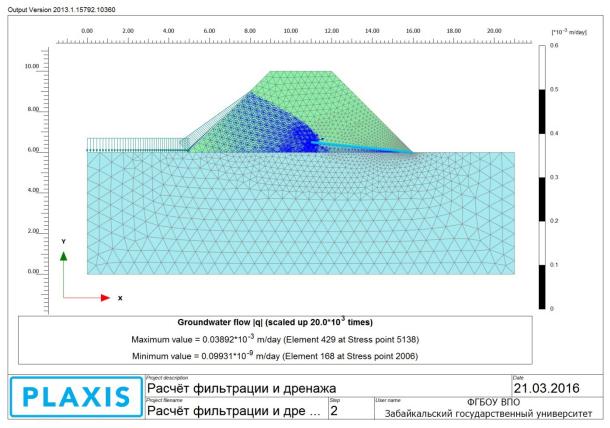
Водонасыщение

Продолжение приложения 5. Расчет в программном комплексе PLAXIS С устройством управления фильтрацией

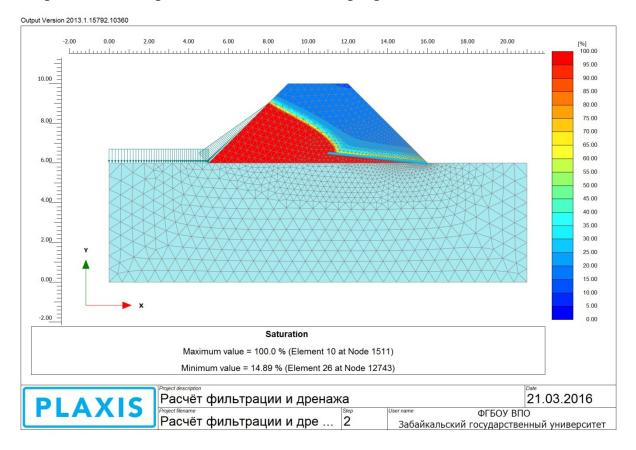






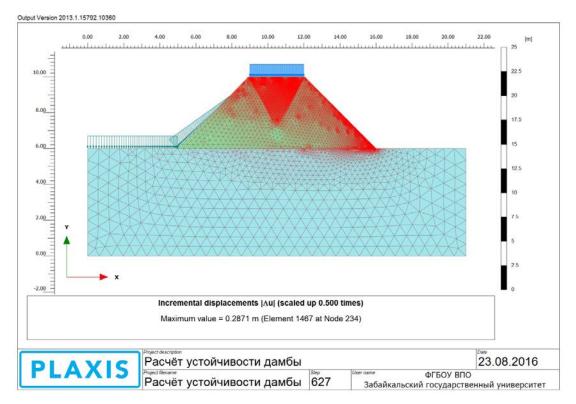


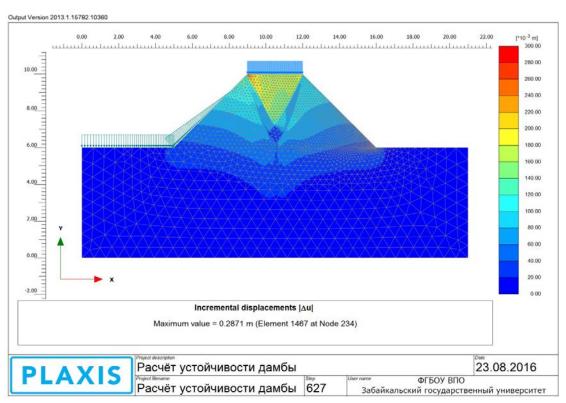
Поле фильтрации грунтовых вод



Водонасыщение

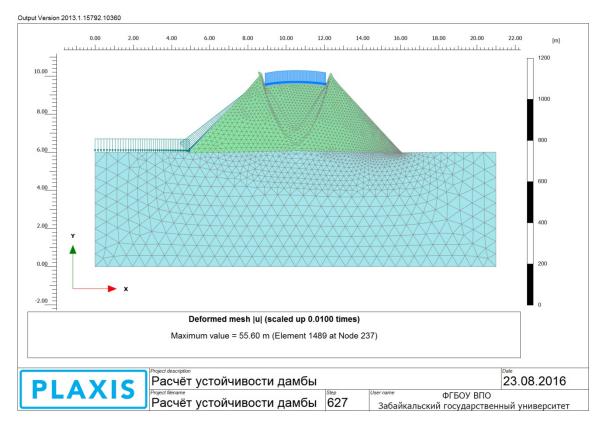
Продолжение приложения 5. Расчет в программном комплексе PLAXIS Устойчивость. Без устройства управления фильтрацией



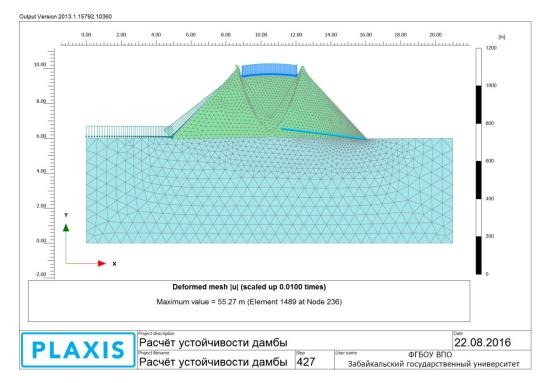


Мульда сдвига-вектор

Продолжение приложения 5. Расчет в программном комплексе PLAXIS Устойчивость. Без устройства управления фильтрацией

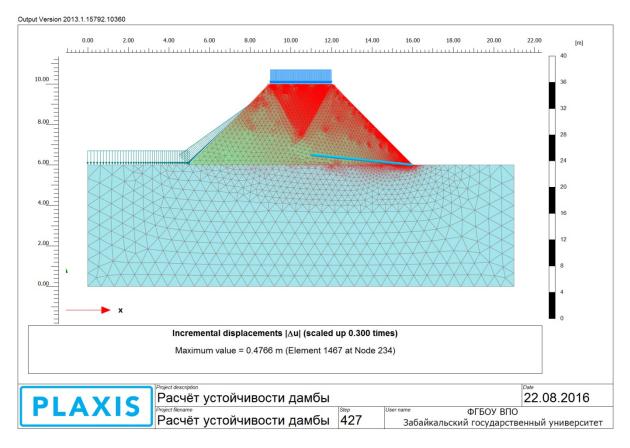


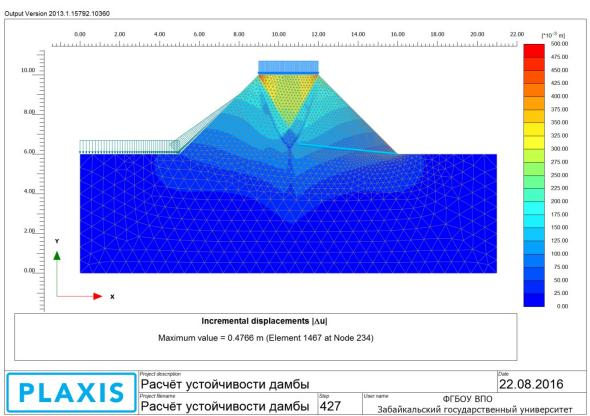
Мульда сдвига Устойчивость. С устройством управления фильтрацией



Мульда сдвига

Продолжение приложения 5. Расчет в программном комплексе PLAXIS Устойчивость. С устройством управления фильтрацией





Мульда сдвига-вектор