

Почему проекты не достигают поставленных целей; какие системные риски сопровождают текущий процесс проектирования?

Хвостохранилища

Докладчик: Джейми Спирс, старший консультант – инженер по хвостохранилищам, SRK Consulting

Место проведения: Вебинар



“Business as usual is not an option for management of tailings dams”

Bruno Oberle, Chair of the Global Tailings Review, June 2019

Что является стандартом?

- Работа начата после **катастрофического обрушения** хвостохранилища на руднике Córrego do Feijão в Brumadinho в январе 2019 г.
- Стандарт предъявляет жесткие требования к безопасности управления **и существующими, и новыми** хвостохранилищами во всем мире.
- Он становится **отраслевым эталоном** для хвостохранилищ.

К кому он применим?

- Операторы хвостохранилищ:
 - Компании-члены All ICMM (с августа 2020 г.)
 - Горные компании, стремящиеся привлечь финансирование инвестиционных организаций или кредитных учреждений
 - Потенциально – все компании, испытывающие давление со стороны ожидаемого инвестора, потребителя и общественности.



Photo from Reuters.com (<https://www.reuters.com/article/us-vale-sa-disaster-design-exclusive/exclusive-vale-eyed-dam-design-changes-in-2009-that-may-have-prevented-disaster-idUSKCN1PN2L8>)



**GLOBAL INDUSTRY
STANDARD ON
TAILINGS
MANAGEMENT**

AUGUST 2020

- Общая цель – добиться нулевого вреда для человека и окружающей среды при абсолютной недопустимости человеческих жертв
- Стандарт включает **шесть направлений**, содержащих **15 принципов**, опирающихся на **77 конкретных требований**

Направление	Ключевые задачи
I: Затрагиваемые общины	Уважение прав человека в отношении населения в окрестностях объекта и конструктивное взаимодействие с заинтересованными сторонами
II: Интегрированная база знаний	Изучение и поддержание глубокого понимания социального, экономического, локального и технического контекста объекта.
III: Проектирование, строительство, эксплуатация и мониторинг объектов хвостового хозяйства	Минимизация рисков на протяжении всего жизненного цикла объекта и обеспечение соответствия критериев проектирования классификации объекта по возможным последствиям.
IV: Руководство и управление	Проявление лидерства и ответственности за безопасность объекта на основе эффективных систем управления и строгих процедур проверки.
V: Реагирование на ЧС и долгосрочное восстановление	Взаимодействие с сотрудниками, подрядчиками, затрагиваемым населением и общественными организациями при разработке планов реагирования и восстановления для конкретного участка .
VI: Публичное раскрытие и доступ к информации	Обнародование соответствующей информации для обеспечения гражданской ответственности за безопасность объекта

НЕОБХОДИМО ПОНИМАТЬ ВОЗДЕЙСТВИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ:

- Планы управления хвостохранилищами должны пересматриваться по крайней мере раз в 5 лет и должны учитывать возможные изменения климата (2.1)
- За счет регулярных пересмотров и обновлений проекты должны наращивать устойчивость к изменениям климата (3.1).

МИНИМИЗАЦИЯ РИСКА ДЛЯ ЛЮДЕЙ:

- Всем объектам хвостового хозяйства должны быть даны альтернативные оценки с учетом возможных вариантов минимизации риска для человека и окружающей среды (3.2). Эти альтернативы подлежат рассмотрению Независимой инспекцией технадзора или Старшим инспектором для обеспечения принятия надлежащей стратегии управления хвостовым хозяйством.

ДЛЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ О «ПОСЛЕДСТВИЯХ ОБРУШЕНИЯ» ТРЕБУЕТСЯ АНАЛИЗ ПРОРЫВА:

- Анализ прорыва должен быть выполнен для всех объектов, содержащих текучий материал (2.3); руководство указывает, что при существенном изменении стратегии управления хвостовым хозяйством вероятность обрушения должна классифицироваться по крайней мере как «высокая» и должны быть рассмотрены правдоподобные режимы обрушения (2.4)

ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОЛЖНА БЫТЬ ВОЗМОЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА:

- Объекты хвостового хозяйства должны быть спроектированы в соответствии с текущей классификацией с подтверждением, на уровне концептуального проекта, возможности повышения класса объекта до «чрезвычайного» (4.2); классификация рассматривается в ходе Анализа безопасности дамбы, и при повышении класса объекта должна быть проведена техническая реконструкция.
- При невозможности ретроспективной реконструкции существующих объектов необходимо провести мероприятия для снижения риска до минимального практически осуществимого уровня (4.7).

РЕГУЛЯРНОЕ ОБНОВЛЕНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ:

- Оператор обязан оповещать руководство объектов хвостового хозяйства обо всех существенных изменениях стратегии управления хвостами (3.4)
- Отчет об основах проектирования должен обновляться при любом изменении проекта на всем протяжении службы объекта (4.8).

НЕОБХОДИМО ИЗУЧЕНИЕ РИСКА ОЖИЖЕНИЯ И ПРИНЯТИЕ МЕР ПО ЕГО СНИЖЕНИЮ:

- В рамках проектирования необходимо провести анализ деформаций (4.5); **необходимо учесть режимы хрупкого обрушения с использованием консервативных критериев проектирования, независимо от потенциальных спусковых механизмов** (4.6, 7.2).

НЕОБХОДИМА ОЦЕНКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ:

- При проектировании и эксплуатации объектов хвостового хозяйства следует принимать во внимание новые и разрабатываемые технологии (6.6). **Автоматические системы мониторинга деформаций и порового давления в реальном времени** являются рекомендуемыми примерами такой технологии.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОДХОД К НАБЛЮДЕНИЯМ:

- Есть настоятельная потребность в разработке метода наблюдений за производством мониторинга (7.2); тем не менее, метод наблюдений не решает вопроса учета механизмов хрупкого обрушения, а их необходимо решать с использованием консервативных критериев проектирования.
- В рамках проекта мониторинга необходимо предоставить конкретные и измеримые маркеры выполнения (7.3) и обо всех отклонениях необходимо отчитываться (7.4).

ТРЕБУЕТСЯ ПРОЕКТ ЗАКРЫТИЯ:

- Должны быть обнародованы результаты анализа осуществимости закрытия и его стоимости (10.7).

Возможные происшествия включают в себя:

- Нарушение целостности сооружения; отсутствие утечки/сброса хвостов
 - Потенциальное снижение объемов производства до восстановления дамбы / сооружения альтернативного хвостохранилища ~3-6 месяцев
- Переполнение хвостохранилища в результате интенсивных осадков
 - Риск размыва дамбы с последующим разрушением
 - Выброс химикатов в окружающую среду
- Утечка/сброс хвостов с их последующей локализацией
 - Расследование Ростехнадзора с возможной приостановкой деятельности и наложением штрафа
- Утечка/сброс хвостов с влиянием на местное население
 - Возникновение обязательств по ликвидации последствий
 - Наложение штрафа
- Катастрофическое разрушение сооружения
 - Человеческие жертвы
 - Уголовная ответственность для руководителей
 - Прекращение хозяйственной деятельности



Все происшествия могут оказать значительное влияние на успешность реализации проекта и, потенциально, на репутацию компании

- Разрушение дамбы на руднике Кадиа (Cadia) в марте 2018 года не привело к попаданию отходов переработки в окружающую среду, но снизило рыночную стоимость компании на 1 миллиард долларов США

Если в России не было случаев разрушения дамб хвостохранилищ, значит ли это, что все хорошо?

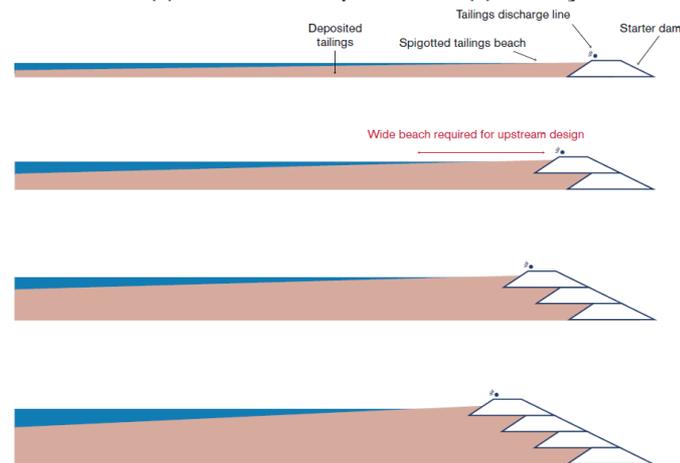
- Нам известно о нескольких хвостохранилищах на российских горнодобывающих предприятиях, которые не соответствуют установленным требованиям как Глобального стандарта по управлению хвостохранилищами, так и Международных передовых методологических рекомендаций
- По ряду намывных хвостохранилищ в 2019 году были выявлены следующие моменты:
 - Хранение в хвостохранилище избыточного объема воды – работа сооружения без достаточного запаса гребня
 - Превышение проектной скорости наращивания дамбы
 - Несоответствие расчетного КЗУ международным методологическим рекомендациям (таким как Руководство КАП)
- Передовая международная практика пошла дальше:
 - Российские стандарты требуют проведения только анализа эффективных напряжений.
 - Зарубежные руководства также предполагают проведение анализа напряжений в недренированных условиях при проектировании, в частности для всех намывных дамб с целью оценки риска разжижения грунтов в результате динамической или статической нагрузки.
 - КЗУ, заложенные в международных стандартах, выше российских нормативов

	Условия нагружения	Сопротивление сдвигу, используемое при анализе устойчивости	Минимальный КЗУ (зарубежные стандарты)	Минимальный КЗУ (российские стандарты)
1	Долгосрочные дренированные	Эффективное (действующее) сопротивление	1,5	1,25
2	Псевдостатические	КН прочность (условие нагружения 1, повтор с учетом горизонтального ускорения)	1,0	
3	Динамические / разжижение	Сопротивление грунтов сдвигу после воздействия динамической нагрузки	1,0-1,3	

- Параметры прочности, используемые на некоторых объектах, не соответствуют ожидаемым свойствам аналогичных материалов и требуют проверки
- Анализ устойчивости не рассматривает все сценарии нагрузки, которые включены в международные руководства.
 - Сценарии нагрузки, влияющие на псевдостатическую и пост-сейсмическую устойчивости/устойчивость после разжижения, обычно не анализируются
- Предпочтение отдается хвостохранилищам намывного типа.
- В России допускается более низкий коэффициент запаса устойчивости
- Многие объекты имеют в настоящее время гораздо большие размеры, чем было принято в тот период, когда разрабатывались нормативы.
- На большинстве объектов отсутствуют аварийные водосбросы
 - Аварийные водосбросы используются в чрезвычайных ситуациях, а не для сброса надильовой воды в процессе нормальной эксплуатации. Должны быть рассчитаны на паводковое событие продолжительностью 72 часа с повторяемостью 1 раз в 1000 лет
- Хвостохранилища, как правило, не имеют гидроизоляционного экрана, и поэтому существует вероятность фильтрации сточных вод.
- Стандарты мониторинга не соответствуют современной передовой практике – применяются напорные трубы вместо вибрационных струнных пьезометров; не используются инклинометры и т. п. - что снижает потенциальную глубину анализа.
 - Мониторинг ориентирован на сбор данных в целях соблюдения нормативных требований, а не на упреждающие расследования.
- Независимые проверки не проводятся
 - Годовые проверки обычно проводятся проектировщиками

- Основные проблемы проектирования, приводящие к авариям:
 - Исторически сложившиеся проблемы - многие хвостохранилища в России представляют собой расширения ранее построенных объектов, которые проектировались в соответствии с менее строгими или устаревшими рекомендациями/стандартами.
 - В проекте не учтены ослабленные грунты основания
 - Водный баланс не проверяется/недостаточный учет потенциальных пиковых явлений
 - Отсутствие аварийного водосброса
 - Недостаточный объем дренажных сооружений
 - Ненадлежащий проект
- Основные эксплуатационные проблемы, приводящие к авариям:
 - Возможно затопление пляжа, либо размеры пляжа меньше проектных, что приводит к осадению мелких хвостов вблизи гребня дамбы
 - Слишком высокие темпы наращивания хвостохранилища (что может увеличить риск избыточного порового давления воды и/или статического разжижения во время наращивания дамбы)
 - Дренажные каналы не обслуживаются/не проверяются на соответствие требованиям
 - Не проводятся необходимые мероприятия при значительном повышении уровня грунтовых вод
 - Отсутствие внутренних экспертных или технических знаний - нельзя ожидать, что специалисты-технологи понимают геомеханические риски.
 - Неудовлетворительное использование данных, фиксируемых контрольно-измерительными приборами

- Поддержание пляжа, что обеспечивает возможность осаждения грубозернистых хвостов и отделяет поверхность грунтовых вод от стенки
 - Обеспечивает твердое основание для следующего яруса
 - Прекратить намыв или перенести точки сброса при затоплении пляжа ливневыми дождями
- Обеспечить надлежащую работу дренажных каналов
- Не увеличивать высоту быстрее, чем происходит уплотнение и дренирование хвостов – скорость подъема имеет критическое значение для безопасной эксплуатации
- НЕОБХОДИМО рассмотреть проведение анализа прочности в недренированном состоянии, чтобы на стадии проектирования обеспечить точный учет воздействия избыточного давления поровой воды на устойчивость дамб.



Courtesy of AngloAmerican

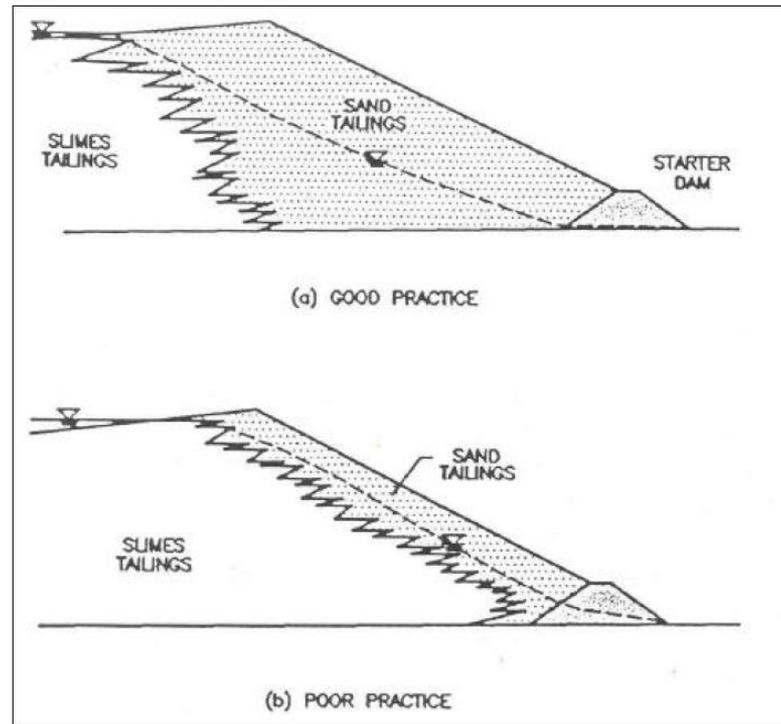
Хорошая практика:

- Широкие (уплотненные) пляжи, образованные из уплотненных хвостов крупной фракции.
- Шламы удерживаются на большом расстоянии от откоса намывного яруса (см. вариант «а» на схеме).
- Эффективный дренаж через пионерную дамбу.
- Зеркало подземных вод поддерживается на расстоянии от откоса намывного яруса.
- Скорость намыва достаточно низкая, чтобы обеспечить уплотнение хвостов возле дамбы.

Плохая практика:

- Узкие пляжи из рыхлой и/или мелкозернистой массы (в том числе материалы, которые потенциально подвержены разжижению).
- Шламы удерживаются ниже откоса следующего намывного яруса.
- Плохой и/или неэффективный дренаж через пионерную дамбу и наличие шламов / песка в конструктивной зоне внешнего откоса.
- Зеркало подземных вод у поверхности намывного откоса.
- Скорость намыва слишком высока, что препятствует достаточному уплотнению хвостов возле дамбы.

При плохой практике во время намыва дамбы рыхлые грунты и шламы оказываются на участках откоса = **ПОТЕНЦИАЛ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА И ПРОРЫВА ДАМБЫ**

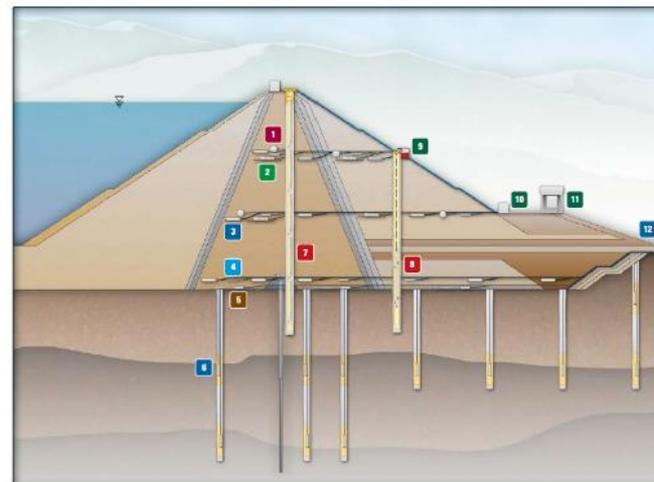


Схематичный разрез по работе Martin and McRoberts (1999)

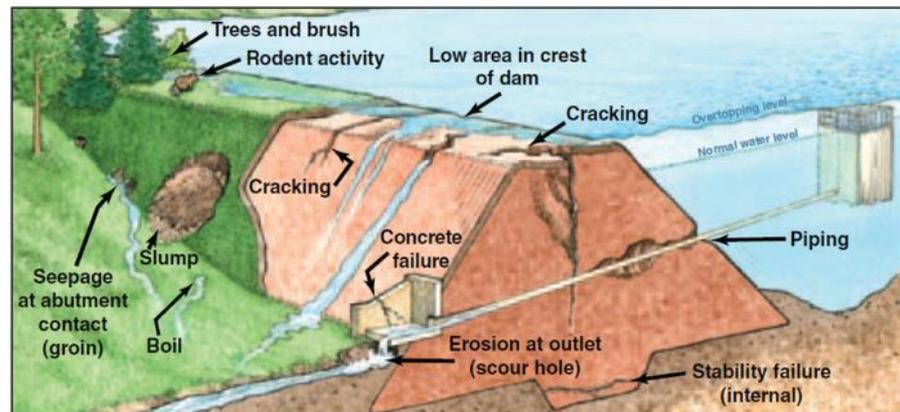
- Надежная система мониторинга важна для постоянного обеспечения безопасности хвостового хозяйства
- Стандартные инструменты мониторинга:
 - Опускные и вибрационные струнные пьезометры для мониторинга уровня подземных вод и давления поровой воды в основной дамбе и фундаментах.
 - Данные следует регулярно наносить на график в зависимости от количества осадков и уровня воды в прудке.
 - Данные следует регулярно сравнивать с критическими уровнями, указанными в Руководстве по эксплуатации.
 - Следует контролировать качество и количество всей фильтрации, вести регулярный учет объемов стока.
 - Результаты замеров фильтрации следует использовать в расчете водного баланса участка и регулярно оценивать эффективность мер по контролю фильтрации.
 - На дамбах следует устанавливать инклинометры, которые позволяют на раннем этапе выявить смещения и определить потенциальные механизмы деформаций.

Earth Dams

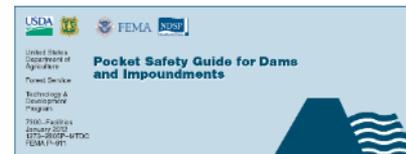
- 1 Soil Strainmeters | 07
- 2 Settlement Sensors | 12
- 3 Heavy Duty Piezometers | 10
- 4 Temperature Gages | 22
- 5 Earth Pressure Cells | 13
- 6 Piezometers | 10-11
- 7 In-Place Inclinometers | 15
- 8 Inclinometer Probes | 14
- 9 Portable Piezodots | 17
- 10 Multiplexers | 20
- 11 Multi-Channel Dataloggers | 19
- 12 Weir Monitors | 11



- **Ежедневные инспекции являются обязанностью оператора**, при этом план инспекций и мониторинга должен быть подготовлен с участием **Независимых инженеров**
- Оператор обязан привлекать **Независимых инженеров** для проведения регулярных (ежегодных) инспекций, осуществления надзора, усовершенствований и аудита объекта в соответствии с НДТ.
- **Инженер, ответственный за авторский надзор (EOR)** должен быть в штате всех хвостохранилищ, и должен давать заключительное разрешение на проект, строительство и безопасную эксплуатацию хвостохранилища.
- **Независимая инспекция технадзора (ITRB)** должна быть назначена на объекты, отнесенные к категории с потенциально тяжелыми последствиями



4



Стадия проектирования

- Обеспечить независимое рассмотрение проекта специалистами, знакомыми с Глобальным стандартом управления хвостами и Международным Руководством
- Проверить существенные параметры на соответствие ASTM и(или) стандартам BS
- Рассмотреть риски и Фактор Безопасности с использованием методов ESA и USA
- Проводить регулярные инспекции с привлечением Независимых Инженеров

Эксплуатация

- Усовершенствовать систему мониторинга и подготовить внутренние отчеты, посвященные возможным рискам
 - Регистрировать ширину пляжа, ведя постоянный мониторинг с помощью пьезометров
- Ежегодный аудит безопасности дамбы, проводимый сторонней организацией
- Рассмотреть возможность аудита Независимой инспекцией технадзора в зависимости от категории хвостохранилища по тяжести последствий и характера рисков

Copyright and Disclaimer

Copyright (and any other applicable intellectual property rights) in this document and any accompanying data or models which are created by SRK Consulting (Russia) Limited ("SRK") is reserved by SRK and is protected by international copyright and other laws. Copyright in any component parts of this document such as images is owned and reserved by the copyright owner so noted within this document.

The use of this document is strictly subject to terms licensed by SRK to the named recipient or recipients of this document or persons to whom SRK has agreed that it may be transferred to (the "Recipients"). Unless otherwise agreed by SRK, this does not grant rights to any third party. This document shall only be distributed to any third party in full as provided by SRK and may not be reproduced or circulated in the public domain (in whole or in part) or in any edited, abridged or otherwise amended form unless expressly agreed by SRK. Any other copyright owner's work may not be separated from this document, used or reproduced for any other purpose other than with this document in full as licensed by SRK. In the event that this document is disclosed or distributed to any third party, no such third party shall be entitled to place reliance upon any information, warranties or representations which may be contained within this document and the Recipients of this document shall indemnify SRK against all and any claims, losses and costs which may be incurred by SRK relating to such third parties.

SRK respects the general confidentiality of its potential clients' confidential information whether formally agreed with them or not and SRK therefore expects the contents of this document to be treated as confidential by the Recipients. The Recipients may not release the technical and pricing information contained in this document or any other documents submitted by SRK to the Recipients, or otherwise make it or them available to any third party without the express written consent of SRK.

© SRK Consulting (Russia) Limited 2020

version: September 2020

Если у Вас возникли вопросы, пожалуйста, адресуйте их нам по почте: info@srk.ru.com с пометкой «МАЙНЕКС вопросы».

С удовольствием ответим Вам!

Во время проведения Форума МАЙНЕКС 2020, задать вопросы вы можете в виртуальной комнате SRK по ссылке

<https://www.wonder.me/r?id=b0d37de3-9cd5-46e4-9b1f-93c9993954e1>

Нам так же было бы интересно получить обратную связь относительно нашей презентации, её актуальности, других тем, которые были бы Вам интересны в будущем, по почте: info@srk.ru.com с пометкой «Отзыв»