

TEXTE

115/2023

Методология обеспечения безопасности хвостохранилищ

Герхард Винкельманн-Оэй

Немецкое агентство по охране окружающей среды, Дессау-Росслау

Александра Ридль

ОО «Платформа устойчивого развития», Днепр

Ференц Мадай

Университет Мишкольца, Мишкольц

Адам Ковач

Международная комиссия по защите реки Дунай, Вена

ТЕХТЕ 115/2023

Программа консультационной помощи (ААР)
Федерального министерства окружающей среды,
охраны природы, ядерной безопасности и защиты
прав потребителей

Проект No. 154973

Проект: “Повышение безопасности хвостохранилищ в
Кыргызстане”

Продолжительность проект: Апрель 2021 – Декабрь
2021

Методология обеспечения безопасности хвостохранилищ

от

Герхард Винкельманн-Оэй
Немецкое агентство по охране окружающей среды,
Дессау-Росслау

Александра Ридль
ОО «Платформа устойчивого развития», Днепр

Ференц Мадай
Университет Мишкольца, Мишкольц

Адам Ковач
Международная комиссия по защите реки Дунай, Вена

От имени Немецкого агентства по окружающей среде

Imprint

Publisher

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Report performed by:

Sustainable Development Platform NGO
Kalinova street,12-13
49000, Dnipro
Ukraine

Report completed in:

December 2021

Edited by:

Section III 2.3 Safety of Installations
Winkelmann-Oei, Gerhard (Fachbegleitung)

Publication as pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, September 2023

Этот проект финансировался Программой консультативной помощи Федерального министерства окружающей среды Германии (AAP) для защиты окружающей среды в странах Центральной и Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии и других странах, граничащих с ЕС.

Его курировало немецкое агентство по охране окружающей среды.

Ответственность за содержание данной публикации лежит на авторе(ах)

**Umwelt
Bundesamt**



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection

Аннотация: Методология безопасности хвостохранилищ

Методология безопасности хвостохранилищ главным образом основана на требованиях и принципах, провозглашенных в «Руководящих принципах и надлежащих практиках обеспечения эксплуатационной безопасности хвостохранилищ» и одобренных на Конференции Сторон Конвенции ЕЭК ООН о трансграничном воздействии промышленных аварий, а также других сопоставимых международных стандартах хвостохранилищ. Методология безопасности хвостохранилищ является мощным инструментом для процесса гармонизации технических стандартов для всего жизненного цикла хвостохранилищ во всем регионе ЕЭК ООН. Методология безопасности хвостохранилищ, состоит из контрольного списка для проверки фактической ситуации безопасности хвостохранилищ, и индексов опасности и риска хвостохранилища (ИОХ или ИРХ) для оценки хвостохранилищ на региональной, национальной и международной основе.

На основании стратегии Федерального агентства по окружающей среде Германии (UBA) Методология безопасности хвостохранилища разрабатывалась с 2013 года в рамках следующих проектов:

- ▶ «Повышение безопасности промышленных хвостохранилищ на примере украинских объектов» (2013-2015 гг.), № отчета (UBA-FB) 002317 / ENG, ANH2
- ▶ «Повышение знаний среди студентов и преподавателей по безопасности хвостохранилищ и её законодательный обзор в Украине» (2016-2017 гг.), на основе результатов тренингов, проведенных в Национальном горном университете (г. Днепр, Украина). отчет (UBA-FB) №002638/E.
- ▶ «Содействие в улучшении безопасности хвостохранилищ в Армении и Грузии» (проект №83392), согласно последующим мероприятиям на хвостохранилищах в Армении и Грузии, в 2018-2019 гг. методология была улучшена. и последнее, совместно с МКОРД, в проекте
- ▶ «Развитие потенциала для улучшения условий безопасности хвостохранилищ в бассейне реки Дунай - Фаза I: страны Северо-Восточного Дуная» (проект №118221) в 2019-2020 гг
- ▶ Повышение безопасности хвостохранилищ в Кыргызстане (проект № 154973) 2021-2022 гг.

Abstract: Tailings Management Facilities (TMF) Safety Methodology

The Tailings Management Facility Safety Methodology (hereinafter TMF Safety Methodology) is mainly based on the requirements and principles declared in "Safety guidelines and good practices for tailings management facilities" endorsed by the Conference of the Parties to the UNECE Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents as well as other comparable international TMF standards. The TMF Safety Methodology is a powerful tool for the process of harmonizing technical standards for the entire life cycle of TMFs throughout the UNECE region. The Tailings Management Facility Safety Methodology, which consists of a Checklist for verifying the actual safety situation of tailings management facilities and the Tailings Management Facility Hazard and Risk Indexes (THI or TRI) for assessment of TMFs on regional, national and international basis.

Based on a strategy of the German Federal Environment Agency (UBA) the TMF Safety Methodology was developed since 2013 within the following projects

- ▶ "Improving the safety of industrial tailings management facilities based on the example of Ukrainian facilities" (2013-2015), Report No. (UBA-FB) 002317/ENG, ANH2
- ▶ "Raising Knowledge among Students and Teachers on Tailings Safety and its Legislative Review in Ukraine" (2016-2017) on the results of trainings conducted at National Mining University (Dnipro, Ukraine). Report No. (UBA-FB) 002638/E.
- ▶ "Assistance in safety improvement of tailings management facilities (TMF) in Armenia and Georgia" (Project No. 83392), according a follow up activity at TMFs in Armenia and Georgia the Methodology has been improved in 2018-2019.
- ▶ "Capacity development to improve safety conditions of tailings management facilities in the Danube River Basin – Phase I: North-Eastern Danube countries " (Project No. 118221) 2019-2020.
- ▶ Improving the safety of tailings management facilities in Kyrgyzstan (Project No. 154973) 2021-2022.

Содержание

Содержание	7
Список рисунков	9
Список таблиц	10
Список аббревиатур	11
1 ВВЕДЕНИЕ	12
1.1 Политический контекст	15
1.2 Область применения Методологии и основные определения	17
2 МЕТОДОЛОГИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ	24
3 КОНТРОЛЬНЫЙ СПИСОК	25
3.1 Подробный контрольный список для эксплуатации хвостохранилищ	28
3.1.1 Анкета	28
3.1.2 Инструменты оценки безопасности	31
3.1.2.1 Общая оценка	32
3.1.2.2 Категориальная оценка	35
3.1.3 Каталог мер	37
3.2 Процедура оценки	39
3.2.1 Предварительная оценка информация	39
3.2.2 Посещение объекта	40
3.2.3 Проверка документов	41
3.2.4 Оценка и отчетность	42
3.3 Практические испытания на хвостохранилище Алтынкен в Кыргызстане	42
3.4 Преимущества применения контрольного списка хвостохранилища	43
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ОПАСНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ (ИОХ)	45
4.1 Метод Индекса опасности хвостохранилищ	45
4.1.1 Расчёт ИОХ	45
4.1.1.1 Ёмкость хвостохранилища	45
4.1.1.2 Токсичность	46
4.1.1.3 Управление хвостохранилищем	46
4.1.1.4 Природные условия	47
4.1.1.5 Безопасность дамбы	48
4.1.1.6 ИОХ	49
5 ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА РИСКА ХВОСТОХРАНИЛИЩА (ИРХ)	50
5.1 Методология определения индекса риска хвостохранилища (ИРХ)	50

5.1.1	Сбор и обработка данных.....	51
5.1.2	Оценка риска	52
5.1.2.1	Расчет ИВХ.....	52
5.1.2.2	Расчет ИРХ.....	53
5.2	Аспекты землепользования	53
5.3	Пример использования зон риска	56
5.4	Рекомендации по картированию рисков.....	57
6.	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	59
	ПРИЛОЖЕНИЯ	63
A	Исторический анализ аварий на хвостохранилищах	64
A.1	Сбор данных	64
A.2	Оценка результатов	64
A.2.1	Количество и опасность аварийных ситуаций на хвостохранилищах.....	64
A.2.2	Опубликованные данные	69
A.2.3	Расстояние распространения ниже по течению	71
A.2.4	Исследования по направлению распространения.....	71
	Определение зоны потенциального риска.....	74
A.2.5	Резюме	75
B	Разрушение дамбы хвостохранилища с отчетными данными о высвобожденном объеме и емкости хранилища.....	77
C	Прорывы хвостохранилища с отчетными данными по расстоянию.....	82
E	Пример расчета ИОХ	87
F	Пример расчета ИРХ	88

Список рисунков

Рисунок 1. Задачи, документы и элементы хвостохранилища, относящиеся к оценке на различных этапах жизненного цикла хвостохранилища	30
Рисунок 2. Категории вмешательства по результатам значений СТБ и "достоверность" (%).....	34
Рисунок 3. Общая оценка ответов контрольного списка	35
Рисунок 4. Категориальная оценка ответов Контрольного списка.	37
Рисунок 5. Определение различных подзон риска ниже месторасположения нового (планируемого) востохранилища.	55
Рисунок 6. Расстояние вниз по течению от хвостохранилища «Алтын-Кен»...57	
Рисунок 7. Количество разрушений дамбы хвостохранилища по десятилетиям с 1960 по 2019 гг.....	65
Рисунок 8. Количество серьезных аварий на хвостохранилищах 1960 – 2019 гг.	66
Рисунок 9. Отчет о количестве человеческих жертв в результате разрушения дамбы хвостохранилища в период 1960 – 2019 гг.	67
Рисунок 10. Общий объем сброшенных отходов с 1959 по 2019 год.	70
Рисунок 11. Распределение аварий хвостохранилища по относительному количеству сброшенного материала.	71
Рисунок 12. Территория около рудника Коррего-де-Фейхао по состоянию на 14.01.2019 (слева) и по состоянию на 30.01.2019 (справа). 72	
Рисунок 13. Территория возле дамбы по состоянию на 21.07.2015 (слева) and 11.10.2015 (справа).....	73
Рисунок 14. Территория возле хвостохранилища «Айка» по состоянию на 07.10.2010 (слева) и на 22.10.2010 (справа).....	73
Рисунок 15. Распределение аварий хвостохранилища по расстоянию выбросов хвостов.....	75
Рисунок 16. Определение зоны риска ниже от хвостохранилища в Мотру.....	88

Список таблиц

Таблица 1. Структура опросника группы «Детальная проверка».....	29
Таблица 2. Численная оценка ответов.	31
Таблица 3. Категории вопросов в соответствии с различными аспектами управления хвостохранилищем.....	36
Таблица 4. Приоритетность мер.....	38
Таблица 5. Категории предварительной информации проверки.	39
Таблица 6. Оценка ключевых показателей, полученных двумя учебными группами при детальном визуальном осмотре, посещение хвостохранилища Алтынкен.....	43
Таблица 7. Оценка токсичности хвостов.....	46
Таблица 8. Оценивание статуса управления.	47
Таблица 9. Оценивание сейсмоопасности.....	48
Таблица 10. Оценивание наводнений.....	48
Таблица 11. Оценка безопасности дамбы.	48
Таблица 12. Индекс воздействия на население.	52
Таблица 13. Индекс воздействия на окружающую среду.	53
Таблица 14: Предлагаемые ограничения для новых хвостохранилищ. ...	54
Таблица 15. Предлагаемые ограничения для существующих хвостохранилищ.	55
Таблица 16. Исторический анализ аварий на хвостохранилищах.	67
Таблица 17. “Площадка Севезо” аварии в Германии и аварии на хвостохранилищах последнюю декаду (2010-2019).....	68
Таблица 18. Общие сведения про Мотру.	87

Список аббревиатур

НСТ	Наилучшая Существующая Технология
ОД	Оценка достоверности
БРД	Бассейн реки Дунай
КОРД	Конвенция по Охране Реки Дунай
ЕК	Европейская Комиссия
ЕС	Европейский Союз
ДН	Директива о Наводнениях
КБ	Коэффициент Безопасности
КО	Компетентные органы
ГИС	Географическая Информационная Система
МСГДМ	Международный Совет по Горному Делу и Металлам
МКБД	Международная Комиссия по большим Дамбам
МКОРД	Международная Комиссия по защите реки Дунай
ДПВ	Директива о Промышленных Выбросах
СЭГ	Совместная Экспертная Группа
СУ	Страны – участники
ФТБ	Фактор требований безопасности
ДОГП	Директива по отходам горнодобывающей промышленности
ПНС	Показатель несчастных случаев
МУГ	Максимальное Ускорение Грунта
ПРИ	Принципы Ответственного Инвестирования
ТОР	Проектная разрешительная документация
ИВХ	Индекс воздействия хвостохранилища
ТЕИА	Трансграничное воздействие промышленных аварий
ИОХ	Индекс опасности хвостохранилища
ТМФ	Хвостохранилище
ИРХ	Индекс рисков хвостохранилищ
УВА	Агентство по окружающей среде Германии
ЕЭК ООН	Европейская экономическая комиссия ООН
ЮНЕП	Программа ООН по окружающей среде
РВД	Рамочная Водная Директива
WHS	Класс Опасности Воды

1 ВВЕДЕНИЕ

Горнодобывающая промышленность - одна из самых традиционных и исторически значимых отраслей промышленности в мире, обеспечивающая добычу ценной руды и полезных ископаемых, а также дальнейшую переработку. В настоящее время этот вопрос становится еще более важным, поскольку с распространением интеллектуальных и передовых технологий ожидается, что резкий рост горнодобывающей деятельности обеспечит необходимые аккумуляторные хранилища конкретными металлами. Тем не менее, добыча полезных ископаемых также представляет собой значительный поток отходов, образующийся в результате ее деятельности. Одним из многих видов горных отходов являются хвосты, мелкозернистые отходы, получаемые на горно-обогатительном предприятии, транспортируемые с помощью гидравлических методов в хвостохранилища, депонированные и обрабатываемые в них. Хвостохранилище предназначено для охвата всего комплекса сооружений, необходимых для обращения с хвостами, включая дамбу (дамбы) хвостохранилища, хвостохранилище, отстойники, напорные трубопроводы и т. д.

Различные исследования оценивают количество промышленных горнодобывающих объектов во всем мире до 18 000 (Azam and Li, 2010) или даже до 30 000 (SNL, 2016; Roche, 2017). Хотя не существует единого и общедоступного глобального реестра хвостохранилищ, но согласно следующему источнику количество хвостохранилищ во всем мире составляет около 3500 (Davies and Martin, 2000).

В идеале, хвостохранилища должны обеспечивать безопасное долгосрочное хранение мелкозернистых отходов от переработки полезных ископаемых. Однако, они могут протекать или разрушаться из-за неблагоприятных природных условий, недостатков в результате проектирования и строительства, а также ненадлежащих методов эксплуатации и управления. Из-за физических свойств и / или химической природы веществ, которые могут быть найдены в хвостохранилищах, а также из-за значительного количества хранимых горных отходов, хвостохранилища представляют опасность для окружающей среды и населения. Такие риски могут присутствовать на всех типах хвостохранилищ, в том числе на действующих, временно или постоянно закрытых, заброшенных или даже на восстановленных участках (например, длительное химическое загрязнение).

За последние два десятилетия наблюдается ухудшение состояния окружающей среды, вызванное масштабным перемещением опасных материалов, что связано с авариями на хвостохранилищах. Такого рода неисправности могут привести к неконтролируемым утечкам и выбросам опасных материалов из хвостохранилищ в окружающую среду. Эти загрязнения могут иметь серьезные последствия и нести прямой ущерб для здоровья человека, инфраструктуре, а также оказывать негативное влияние на экономическую деятельность, окружающую среду и природные ресурсы. Загрязнение водоемов очень часто оказывает крупномасштабное или трансграничное негативное воздействие на ресурсы окружающей среды. Более того, аварии на хвостохранилищах могут привести к долгосрочному загрязнению воды и почвы и иметь хронические и накопительные негативные последствия для здоровья человека и окружающей среды. Непреднамеренный выброс хвостов влечет за собой значительные расходы. Экономические затраты, связанные с очисткой от загрязнения после выхода из строя хвостохранилища, могут достигать сотен миллионов евро (ЮНЕП, 1998).

Согласно Дэвису (2002), интенсивность аварий от хвостохранилищ за последние 100 лет оценивается более чем на два порядка выше, чем частота аварий обычных

водозадерживающих дамб (по данным 0,01%). Важными факторами, повышающими вероятность разрушения хвостохранилищ по сравнению с другими сооружениями или дамбами, являются отсутствие понимания поведения хвостохранилищ, несоответствующим мониторинге площадки и геотехнических исследованиях (Berghe et al., 2011), а также низкая доступность финансовых ресурсов. В период 2010–2019 годов во всем мире было зарегистрировано почти 60 крупных разрушений дамб хвостохранилищ, которые привели к значительным человеческим жертвам и к загрязнению. Управление безопасностью хвостохранилища существенно не улучшилось и остается серьезной проблемой во всем мире. Крупные катастрофы на хвостохранилищах, сопровождаемые серьезными последствиями, все еще происходят довольно часто. Соответственно, проблема аварий на хвостохранилищах возрастет, если не будут реализованы последовательные стратегии и меры по повышению их уровня безопасности.

Одним из самых недавних примеров, с массовыми человеческими жертвами, была авария на хвостохранилище в штате Минас-Жерайс, Бразилия, 26 января 2019 года. Этот инцидент стал одной из самых страшных катастроф в истории горнодобывающей промышленности в Латинской Америке. В результате этого бедствия погибли 259 человек, еще 11 человек числятся пропавшими без вести. Это второй подобный инцидент менее чем за четыре года, поскольку 5 ноября 2015 года в том же районе произошла еще одна авария на хвостохранилище, в результате которой погибли 19 человек. Около 60 миллионов кубометров богатого железом шлама стекали по нескольким рекам в сторону Атлантического океана (WISE, 2020).

В Китае Министерство охраны окружающей среды отреагировало на 56 зарегистрированных аварий, связанных с загрязнением хвостохранилищ, в период 2006–2014 гг. (Liu et al., 2015). Другие крупные аварии в Китае были связаны с утечкой хвостов в Чжэньань в провинции Шэньси в 2006 году, утечка хвостов в Улун в провинции Ляонин в 2008 году, разлив хвостов Миньцзян в провинции Сычуань в 2011 году и утечку хвостов, содержащих марганец, в Вантай в провинции Гуйчжоу в 2012 г. (Liu et al., 2015).

Серьезный экологический ущерб, был нанесен в результате прорыва дамбы хвостохранилища на золотоперерабатывающем предприятии в Бая-Маре в Румынии в 2000 году, является хорошо известным примером бедствий в горнодобывающей промышленности. Ночью 30 января 2000 г. во время горных работ в Бая-Маре прорвалась дамба, удерживающая загрязненные воды, и 100 000 м³ загрязненной цианидом воды вылилось в реку Сомеш (ЕС, 2000). Загрязненная вода в конечном итоге достигла реки Тиса, а затем реки Дунай, убив большое количество рыбы в Венгрии и Сербии и серьезно повредив водную экосистему Тисы и Дуная. Уроки, извлеченные из этой аварии, в значительной степени способствовали совершенствованию правил ЕС по отходам горнодобывающей промышленности.

4 октября 2010 года дамба хвостохранилища глиноземного завода, расположенного недалеко от Айки, обрушилась, и было сброшено огромное количество едкого красного шлама (почти 1 миллион кубометров жидких отходов). Красная грязь достигла местных ручьев в муниципалитетах Девечер, Колонтар, Сомловашархей, Сомложен, Тюскевар, Апакаторна и Кисбержены и вызвала значительные разрушения. В последующие дни красный шлам загрязнил ручей Торна, долину рек Маркаль и Раба. Щелочная суспензия попала в Дунай через реки Торна, Маркаль, Раба и Мосони, что привело к загрязнению вод. В результате катастрофы погибли 10 человек и почти 150 человек получили средней тяжести и тяжелые травмы в результате воздействия щелочи, в том числе как местные жители, так и участники спасательной операции (Mecsi, 2013).

Признавая важность аварий на хвостохранилищах, в 2001 году Международная Комиссия по Большим Дамбам (МКБД) объявила о своем заключении, что частота и значимость аварий хвостохранилищ растет во всем мире (ICOLD, 2001). Чтобы держать эту оценку в центре внимания, они создали сборник глобальных сбоев (ICOLD, 2001, 2007).

В последнее время международным экспертным сообществом было предпринято много усилий для повышения безопасности хвостохранилищ за счет усиления требований безопасности, например, путем применения передовых технологий восстановления и современных методов в практике горных работ. Достижения наук о Земле в области геологических, сейсмических, гидрологических и климатических рисков также были приняты во внимание при проектировании и эксплуатации хвостохранилищ. Например, на золотоперерабатывающем предприятии в Бая-Маре были реализованы меры по повышению безопасности хвостохранилища, такие как усиление планирования деятельности по управлению отходами, оценка и инспекция этой деятельности, включая процесс выдачи разрешений / лицензий, инвестиции для повышения безопасности дамбы вокруг хвостохранилища и очистка шахтных вод. Хотя объект в настоящее время не функционирует, он имеет лицензию на работу в безопасных условиях. Тем не менее, хвостохранилища во многих странах Центральной и Восточной Европы, и бывшего Советского Союза срочно нуждаются в мерах по повышению их безопасности.

Недавние аварии ярко демонстрируют необходимость принятия мер по повышению уровня безопасности хвостохранилищ во избежание их большего количества. Принятие дополнительных и соответствующих превентивных и чрезвычайных мер на хвостохранилищах - по крайней мере, в соответствии с международными стандартами безопасности – поможет свести к минимуму риски и неблагоприятные последствия от аварий, и даст возможность избежать потенциального вреда для человеческих жизней и серьезных воздействий на окружающую среду. Это также подчеркнули Сантамарина и др. (2019), призывая точнее понять механизмы разрушения дамбы хвостохранилищ и использовать эти знания для улучшения практики управления и повышения эффективности регулирования.

В ближайшей перспективе может произойти гораздо больше смертей в результате долгосрочного токсического воздействия в связи с загрязнением почвы или отложений, вызванное утечкой из хвостохранилищ. Кроме того, финансовые последствия от аварий очень высоки. Затраты после происшествий варьируются от нескольких сотен миллионов евро на ремонт и очистку до нескольких миллиардов долларов США (например, правительство Бразилии потребовало 40 миллиардов долларов США от горнодобывающей компании Vale после аварии на хвостохранилище в штате Минас-Жерайс).

Принимая во внимание все вышеизложенное, Федеральное агентство по защите окружающей среды Федеративной Республики Германии (UBA) совместно с Секретариатом Конвенции ЕЭК ООН о трансграничном воздействии промышленных аварий разработали так называемые «Руководящие принципы и надлежащие практики обеспечения эксплуатационной безопасности хвостохранилищ». Для поддержки реализации документа UBA разработало Методологию безопасности хвостохранилищ, которая состоит из контрольного перечня для проверки фактической ситуации с безопасностью хвостохранилищ и индексов опасности и риска хвостохранилищ (ИОХ или ИРХ) для оценки хвостохранилищ на региональном, национальном и международном уровнях.

Около 1000 хвостохранилищ, расположенных в регионе ЕЭК ООН, можно проверить используя эту Методологию; обучение Методологии проведено в ряде стран, в том числе в Украине, Армении, Грузии, бассейне реки Дунай, а также в регионе Центральной Азии – Кыргызстане, Казахстане, Таджикистане, Узбекистане.

Контрольный список хвостохранилищ адаптирован к законодательству, лицензионно-разрешительной системе, нормативно-техническим документам конкретной страны, фактическим условиям размещения объектов, другим специфическим условиям и особенностям. Вопросы контрольного списка дифференцированы для действующих и недействующих хвостохранилищ.

1.1 Политический контекст

На европейском уровне страны-участники ЕС обязаны выполнять Директивы Севезо (ЕС, 2012) для предотвращения крупных аварий с опасными веществами, а также ограничить вероятные последствия после аварий. Операторы опасных объектов, хранящих или перерабатывающих вредные вещества в количествах, превышающих определенные пороговые значения (данные для нижнего и верхнего яруса), должны разработать политику предотвращения крупных аварий. Реализовать эту политику необходимо с помощью системы управления безопасностью, предоставить отчеты по безопасности и информацию об авариях. Также, разработать планы действий в чрезвычайных ситуациях для внутренних помещений предприятий. Более того, компетентные органы стран-членов ЕС обязаны разработать внешние планы действий в чрезвычайных ситуациях для территорий, прилегающих к опасным объектам, для предоставления общественности необходимой информации о рисках, создаваемых соответствующими объектами для того, чтобы обеспечить нужные меры по восстановлению в случае возникновения опасности. Проводить периодические проверки для предотвращения несчастных случаев, согласно технических требований.

Что касается горнодобывающей деятельности, страны-члены ЕС должны выполнять Директиву об отходах добычи (ДОД, ЕС, 2006), которая направлена на предотвращение или уменьшение любого неблагоприятного воздействия на окружающую среду и любых связанных с этим рисков для здоровья человека в результате управления отходами от добывающей промышленности, в том числе переработки полезных ископаемых. Операторы должны составить план управления отходами для минимизации, обработки, восстановления и удаления отходов добычи и должны иметь разрешение компетентного органа. Обязательства, аналогичные обязательствам Директивы Севезо (отчеты о безопасности, политика предотвращения несчастных случаев, планы действий в чрезвычайных ситуациях на объекте, информация для населения), также должны выполняться для объектов горнодобывающей промышленности категории А.

Чтобы обеспечить усовершенствованные промышленные технологии, страны-члены ЕС должны соблюдать Директиву о промышленных выбросах (ДПВ, ЕС, 2010). Директива предписывает властям обеспечивать меры по предотвращению и контролю загрязнения на соответствующих промышленных предприятиях, которые должны соответствовать последним достижениям в области наилучших существующих технологий (НСТ). Промышленные предприятия, на которые распространяется действие ДПВ, должны иметь экологическое разрешение с предельными значениями выбросов загрязняющих веществ, как гарантию соблюдения определенных условий окружающей среды и технических стандартов.

В соответствии с ДПВ был опубликован пересмотренный Справочный документ ЕС по НСТ для управления отходами добывающих отраслей, в котором представлены обновленные данные и информация об управлении отходами, включая информацию о НСТ, соответствующем мониторинге и их разработках (JRC, 2018). Более того, Европейская комиссия (ЕК) недавно приняла технические принципы для инспекций предприятий по переработке отходов в соответствии с ДОГП (ЕС, 2020). Руководящие принципы должны выполняться компетентными органами. Такая инспекция направлена на то, чтобы убедиться, что любой объект по переработке отходов получил необходимое разрешение и соответствует условиям согласно официальным документам.

В крупном масштабе Стороны Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий (Конвенция ТЕИА, ЕЭК ООН, 2008 г.) Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) должны выполнять обязательства, связанные с опасностями. Конвенция ТЕИА направлена на предотвращение аварий, которые могут иметь трансграничные последствия, и на оказание помощи странам в подготовке к возможным авариям и реагировании на них в случае их возникновения. Это также способствует активному международному сотрудничеству в области снижения риска аварий. Для дальнейшей поддержки стран Конвенция ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (Конвенция по водам, ЕЭК ООН, 2008 г.) и Конвенция ТЕИА учредили специальную Совместную экспертную группу (СЭГ), уделяющую особое внимание вопросам трансграничного загрязнения воды, которые связаны с несчастными случаями на производстве. СЭГ поддерживает разработку руководств и контрольных списков, а также организывает семинары и тренинги, чтобы помочь странам в разработке, улучшении и согласовании своих национальных процедур и требований, касающиеся мер безопасности и планирования действий в случае чрезвычайных ситуаций.

Чтобы устранить растущую озабоченность по поводу безопасности хвостохранилищ, ЕЭК ООН опубликовала Руководящие принципы и надлежащие практики обеспечения эксплуатационной безопасности хвостохранилищ (Руководство по безопасности, ЕЭК ООН, 2014 г.). В их число входят как рекомендации операторам по безопасному проектированию хвостохранилищ, так и рекомендации властям относительно правовой основы для выдачи разрешений на безопасную эксплуатацию хвостохранилищ. ЕЭК ООН призвала правительства своих стран и операторов хвостохранилищ включить и внедрить эти инструкции по безопасности в национальные правила и технические стандарты. Однако стало ясно, что выполнение рекомендаций по безопасности сопряжено с некоторыми трудностями, поскольку стандарты безопасности изложены только в общих чертах.

Таким образом, появилась необходимость повысить уровень координации между процедурами планирования землепользования и промышленной безопасности, и потому ЕЭК ООН решила разработать руководство по планированию землепользования и связанными с ним аспектами безопасности в рамках трех инструментов ЕЭК ООН: Конвенции ТЕИА, Конвенции о воздействии на окружающую среду в трансграничном контексте (Конвенция Эспо, ЕЭК ООН, 1991 г.), а также Протокол стратегической экологической оценке (Протокол по СЭО, ЕЭК ООН, 2003 г.). Руководство по планированию землепользования, размещению опасных видов деятельности и связанным с ними аспектами безопасности было опубликовано в 2017 году (ЕЭК ООН, 2017). В этом документе также отмечается, что в Руководстве по безопасности хвостохранилищ ЕЭК ООН рассматривается необходимость учета соображений планирования землепользования при оценке оптимального размещения новых

хвостохранилищ, а также необходимость проведения оценки воздействия на окружающую среду до начала строительства, а также оценки риска.

Кроме того, после аварии на хвостохранилище Брумадинью в Бразилии в январе 2019 года Международный совет по горнодобывающей промышленности и металлургии (ICMM), Принципы ответственного инвестирования (PRI) и Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) инициировали глобальный обзор хвостохранилищ для анализа существующих передовых методов и разработать на их основе международный стандарт для отрасли (GTR, 2020).

1.2 Область применения Методологии и основные определения

Методология применяется к хвостохранилищам, включая золохранилища, шламохранилища, бассейны-накопители для отходов, в том числе для золы, шлака, шлама и других типов, которые перемещаются гидравлическим путём из мест их образования. Такие отходы образуются при добыче и обогащении руд металлов и угля, на крупных химических предприятиях, металлургических предприятиях, коксовых заводах, тепловых электростанциях, работающих на угле и т. д.

Основные термины, указанные ниже, используются в этой Методологии со следующим значением.

Аварийное хранилище/резервуар – См. Накопитель резервный

Авария на хвостохранилище – опасное техногенное происшествие, создающее угрозу жизни и здоровью людей, приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного и транспортного процесса, нанесению ущерба окружающей природной среде.

Безопасность хвостохранилища – состояние хвостохранилища, которое позволяет обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды, безопасное функционирование инфраструктуры и хозяйственных объектов.

Водосброс береговой - сооружение (канального типа), устраиваемое в береговом примыкании чаши хвостохранилища/накопителя для сброса воды из отстойного пруда (техногенного водоема).

Вред – любой ущерб, нанесенный людям, имуществу или биоте, природной, социальной или культурной среде.

Временное закрытие хвостохранилища – состояние, при котором **неработающий (неактивный)** участок хвостохранилища находится под наблюдением с поддержанием его технического состояния. Является этапом, следующим после временного прекращения деятельности, когда инфраструктура остается без изменений, и хвостохранилище остаётся под управлением. Объект все еще имеет какую-либо форму собственности, и все текущие соответствующие нормативные обязательства по закрытию ещё **не** выполнены. При надзоре за хвостохранилищем с целью дальнейшего возобновления его эксплуатации, такие участки часто называются участками, которые находятся под надзором с поддержанием их технического состояния (рис. Т.1).

Вывод хвостохранилища из эксплуатации – процесс, который начинается практически сразу после или в период прекращения добычи полезных ископаемых. Этот термин относится к переходному периоду и действиям между прекращением эксплуатации и окончательным закрытием.

Гидротехнические сооружения (ГТС) – плотины, ограждающие дамбы накопителя, противофильтрационные экраны, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, каналы, пульпонасосные станции, насосные станции оборотного водоснабжения и другие сооружения, предназначенные для складирования и предотвращения вредного воздействия жидких отходов.

Гидротранспорт (гидравлический транспорт) – технологический процесс перемещения материалов потоком воды. В зависимости от способа перемещения пульпы по пульпопроводу может быть безнапорный, напорно-самотёчный, напорно-принудительный и комбинированный (смешанный).

Дамба хвостохранилища (ограждающая дамба) – насыпь, возводимая для удержания хвостов, или дамба, ограждающая площадку для складирования хвостов. Термин «дамба хвостохранилища» включает насыпи и другие сооружения, образующие контур чаши хвостохранилища, предназначенные для удерживания и складирования хвостов и технологической воды; возведение этих сооружений подлежит контролю.

Дамба защитная – дамба, построенная в пределах опасной зоны для защиты территории при прорыве подпорного сооружения накопителя.

Дамба первичного обвалования (плотина первичная) – насыпь из грунта или вскрышной породы, предназначенная для замыка первой очереди накопителя отходами (хвостами, шламами).

Дамба разделительная – дамба, разделяющая накопитель на отдельные отсеки (секции).

Дренажная система – См. Система дренажная

Ёмкость аварийная – периодически опорожняемая емкость, предназначенная для приема пульпы при кратковременном выходе из строя основной системы гидротранспорта.

Ёмкость хвостохранилища/накопителя - количество отходов (хвостов, шламов), которое можно складировать в хвостохранилище/накопителе при принятой в проекте технологии его заполнения.

Жизненный цикл хвостохранилища – закономерная последовательная смена этапов существования хвостохранилища; ж. ц. хвостохранилища включает этапы проектирования, строительства, эксплуатации, закрытия, рекультивации (реабилитации) и последующего надзора.

Заброшенное хвостохранилище – территория, ранее использовавшаяся для складирования отходов горнодобывающих предприятий (неработающий/неактивный объект), которая заброшена, но имеет законного владельца, который может быть найден (рис. Т.1).

Заброшенный участок хвостохранилища – неиспользуемый или неактивный участок, который **не был** закрыт и не имеет четкого и **очевидного** владельца, но который еще **может быть** передан в какую-либо форму собственности, и на котором все текущие соответствующие нормативные обязательства еще **не были** выполнены. (рис. Т.1). **Бесхозный участок хвостохранилища** – это участок, эксплуатация объектов на котором прекращена и для которого ответственная сторона более не существует или не может быть определена (рис. Т.1).

Закрытие хвостохранилища – процесс, который является итогом его жизненного цикла, и, как правило, завершается отказом от права на земельную собственность, что происходит обычно после юридически обязательной передачи обязательств. Закрытие в целом считается завершённым после вывода из эксплуатации и реабилитации, после выполнения всех соответствующих нормативных обязательств.

Зона затопления – зона, в пределах которой происходит движение потока, образующегося при разрушении дамбы (плотины).

Зона опасная – участок местности, прилегающий к нижнему бьефу водоподпорного сооружения, затопление которого может привести к катастрофическим последствиям.

Зона охрannая – полоса местности вокруг накопителя и вдоль трасс пульповодов и водоводов, в пределах которой запрещается ведение работ, нахождение людей и механизмов, не относящихся к эксплуатации накопителя.

Зона санитарно-защитная – территория между границами промплощадки, складов открытого и закрытого хранения материалов и реагентов (с учетом перспективы их расширения) и селитебной застройки.

Используемый объём (ёмкость) хвостохранилища - См. Объём (ёмкость) хвостохранилища/накопителя

Класс опасности отходов – характеристика отходов, отражающая их потенциальную опасность для окружающей среды и человека вследствие токсичности.

Колодец водосбросной – сооружение шахтного типа, предназначенное для сброса воды из отстойного пруда.

Консервация накопителя – комплекс горнотехнических, инженерно-строительных и мелиоративных работ, обеспечивающих безопасное хранение складированных в накопителе отходов в течение определенного периода времени.

Коэффициент устойчивости – отношение расчетного значения обобщенной несущей способности системы "сооружение-основание", определенное с учетом коэффициента надежности по грунту к расчетному значению обобщенного силового воздействия, определенного с учетом коэффициента надежности по нагрузке.

Ложе накопителя – поверхность дна, природных склонов и верховых откосов ограждающих сооружений накопителя до проектной отметки их гребня.

Максимальный уровень воды – предельно допустимый уровень воды при проектной отметке гребня ограждающих сооружений, или при поэтапном возведении накопителя для каждой очереди строительства или яруса намыва.

Мероприятия по обеспечению безопасности – мероприятия по устранению несоответствий требованиям безопасности, выявленных на хвостохранилище.

Мониторинг безопасности хвостохранилища – совокупность постоянных (непрерывных) наблюдений за состоянием хвостохранилища и его воздействием на окружающую среду.

Накопитель жидких отходов – ёмкость, предназначенная для складирования подаваемых гидравлическим транспортом промышленных отходов, которая включает комплекс технологически связанных между собой сооружений, обустроенных и эксплуатируемых в соответствии с проектом. В зависимости от вида отходов и назначения емкостей различают хвостохранилища; шламохранилища (шламонакопители); накопители производственных сточных вод; пруды-отстойники; пруды-испарители; золонакопители (золоотвалы); гидроотвалы; иловые площадки. В зависимости от способа возведения бывают наливные, намывные и комбинированные накопители.

Накопитель резервный (аварийный) – предназначен для временного складирования отходов при аварийных ситуациях на основном накопителе.

Натурные наблюдения – наблюдения, проводимые на сооружениях накопителя за его состоянием и контролируемые параметрами. Включают визуальный осмотр и инструментальные измерения.

Обезвоживание отходов (хвостов, шламов) – удаление из водонасыщенных отходов воды до влажности, позволяющей производить их разработку сухойной техникой и транспортирование механическим транспортом.

Объем хвостохранилища/накопителя общий – объем чаши в пределах проектной отметки гребня ограждающей дамбы.

Опасность – источник потенциального вреда или ситуация с возможностью нанесения вреда, соответственно, потенциальная причина вреда. Опасность – это свойство или ситуация, которая при определенных обстоятельствах может привести к нанесению вреда.

Оператор хвостохранилища – См. Эксплуатирующая организация.

Отходы горного производства – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при добыче, переработке, обогащении полезных ископаемых, в том числе вмещающие и вскрышные породы. Опасность отходов с точки зрения их токсичности определяется *Классом опасности отходов*.

Плотина пионерная – служит отправной точкой для строительства насыпи. Проект пионерной плотины определяет внутреннюю и внешнюю геометрию конструкции и должен включать в себя спецификации для дренажа, контроля фильтрации, а в некоторых случаях системы покрытия, необходимые для поддержания устойчивости ограждающей дамбы и контроля утечек в окружающую среду.

Площадь затопления – См. Зона затопления

Площадь накопителя общая – площадь участка в границах земельного отвода под накопитель.

Площадь накопителя полезная – площадь горизонтальной проекции ложа накопителя в пределах отметки его заполнения.

Пляж – поверхность надводных отложений от верхового откоса дамбы до уреза воды в отстойном пруду.

Противофильтрационный экран – противофильтрационный элемент ложа накопителя, возводимый укладкой слабопроницаемых глинистых пород, намывом хвостов (шламов).

Пруд-отстойник – пруд, в пределах чаши накопителя, предназначенный для осветления, накопления и забора оборотной воды.

Пульпа (гидросмесь) – турбулизованная смесь твердых частиц (отходов) с водой.

Пульповод – трубопровод, канал или лоток для транспортирования пульпы. В зависимости от назначения могут быть магистральные и распределительные трубопроводы.

Рекультивация (реабилитация) хвостохранилища – процесс возвращение нарушенных земель в стабильное, продуктивное и/или самоподдерживающееся состояние, с учётом выгод использования участка и прилегающих земель.

Рекультивация хвостохранилища поэтапная – процесс, относящийся к текущему восстановлению участков хвостохранилища и объектов, связанных с добычей ископаемых, **в течение срока эксплуатации** объекта. Поэтапная реабилитация может включать в себя такие работы, как восстановление растительного покрова, нарушенных; удаление и / или захоронение каких-либо устаревших конструкций и материалов; заполнение подземных или поверхностных выработок с использованием хвостов обогащения с целью уменьшения площади чаши хвостохранилища; мероприятия по уменьшению или ликвидации эрозии почв и стабилизации участка, которые будут способствовать восстановлению растительности и мелиорации; размещение пустой породы в подземных выработках или карьерах, или путем покрытия пустой породы глиной или верхним слоем почвы, а затем снова восстановление растительности приемлемым способом, и т. д.

Риск – вероятность определенной опасности или ущерба, характеризующая величину последствий произошедшего.

Система гидрозащиты накопителя – комплекс гидротехнических сооружений (каналов, каналов, прудов и др.), предназначенных для перехвата и отвода поверхностного стока с водосборной площади накопителя.

Система дренажная – комплекс гидротехнических сооружений, устройств, оборудования, предназначенный для организованного отвода фильтрующейся через дамбу воды.

Система оборотного водоснабжения – комплекс сооружений и оборудования для подачи на предприятие повторно используемой технологической воды.

Собственник хвостохранилища – государство, административная единица государства, муниципальное образование, физическое или юридическое лицо независимо от его организационно-правовой формы, имеющее права владения, пользования и распоряжения гидротехническим сооружением. Собственник хвостохранилища в большинстве случаев является эксплуатирующей организацией (оператором хвостохранилища).

Способ намыва – метод и особенности выпуска пульпы из распределительного пульповода на карты намыва в хвостохранилище.

Управление рисками – процесс реализации решений о принятии или изменении рисков.

Уровень безопасности – показатель, количественно характеризующий вероятность того, что вред может стать реальным. Уровень безопасности может определяться как относительный уровень снижения риска, обеспеченный осуществлением технических и организационных мер обеспечения безопасности. Уровень безопасности служит критерием для проверки эффективности мер обеспечения безопасности на участке хвостохранилища.

Уровень воды в накопителе – отметка зеркала воды в отстойном пруду.

Уровень заполнения – средняя по чаше отметка поверхности намывных отходов (хвостов, шламов) или воды - для техногенных водоемов.

Футеровка – специальная отделка для обеспечения защиты поверхностей от возможных механических, термических, физических и химических повреждений. Для хвостохранилищ применяется в виде бетонных плит, цементирования откосов и т.п.

Хвостовые материалы – мелкозернистые отходы, образующиеся после добычи поддающихся извлечению металлов и минерального сырья с помощью применяемых технологических процессов. Удаляемый в качестве «хвостовых отходов» материал представляет собой минеральные частицы, размеры которых колеблются в пределах от 10 мкм до 1,0 мм.

Чаша хвостохранилища (накопителя) – пространство/объем для хранения, образованное дамбой или дамбами хвостохранилища, в пределах которого складироваться и хранятся хвосты. Контур чаши хвостохранилища определяется дамбами хвостохранилища и/или естественными границами.

Хвостохранилище включает весь комплекс сооружений, необходимых для складирования и хранения хвостов, в том числе накопитель хвостов, дамбу(ы) хвостохранилища, чашу хвостохранилища, пруд-отстойник, подающие трубопроводы и т.д.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии на хвостохранилище, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение жизнедеятельности людей.

Чрезвычайная ситуация трансграничная – ЧС, поражающие факторы которой выходят за пределы государства, либо ЧС, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию государства.

Шламы – дисперсные отходы технологических процессов химических, металлургических и др. производств.

Эксплуатирующая организация (оператор хвостохранилища) – государственное или муниципальное предприятие либо организация любой другой организационно-правовой формы, на балансе которой находится гидротехническое сооружение.

2 МЕТОДОЛОГИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ

Как было сказано ранее, УВА разработала так называемую Методологию повышения безопасности хвостохранилищ, которая основана на Руководстве по безопасности ЕЭК ООН. Эта Методология состоит из трех основных частей, которые помогут решить реальные проблемы безопасности хвостохранилища. Первым инструментом, предназначенным для оценки потенциальной опасности хвостохранилища, является так называемый индекс опасности хвостохранилища (ИОХ). Оценивая хвостохранилища с использованием этого индекса, страны могут быстро получить представление о количестве хвостохранилищ с наибольшим потенциалом опасности, чтобы впоследствии можно было реализовать дополнительные меры безопасности, необходимые на соответствующих хвостохранилищах. Рекомендуется использовать этот индекс для ранжирования хвостохранилищ на региональном, национальном и международном уровне. В 2020 году ИОХ был улучшен за счет аспектов планирования землепользования, в частности, потенциального воздействия аварий на хвостохранилища на людей и окружающую среду.

Индекс риска хвостохранилищ (ИРХ), обеспечивает основу для оценки риска для населения и окружающей среды, находящихся ниже от хвостохранилища. Более того, оценки рисков также имеют очевидные преимущества для отдельных стран, поскольку их ограниченные финансовые и кадровые ресурсы направляются на хвостохранилища в соответствии с их уровнем риска. Он позволяет оценить риск большого количества хвостохранилищ для определения приоритетов мер безопасности и планирования землепользования, а также является хорошим инструментом для создания системы горного кадастра хвостохранилищ и упрощает систему оповещения о чрезвычайных мерах в национальном и международном масштабе.

Третий инструмент методологии - это Контрольный перечень хвостохранилищ, который можно использовать для оценки безопасности отдельных хвостохранилищ. Недостатки можно сравнить с каталогом потенциальных мер, и на основе рекомендуемых краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных дополнительных мер безопасности компетентные органы могут обязать операторов хвостохранилищ выполнять данные действия. Кроме того, операторы могут использовать результаты для собственных проверок безопасности, а также для планирования будущих инвестиций на объекте.

Контроль безопасности хвостохранилища требует проведения регулярных проверок этих объектов в соответствии с национальными нормами, с учетом международных требований безопасности и НДТ, а также с предложением инженерных решений для устойчивого ведения горных работ и восстановления окружающей среды.

Более подробную информацию о каждом инструменте можно найти в главах 3-5.

3 КОНТРОЛЬНЫЙ СПИСОК

Контроль безопасности хвостохранилища требует проведения регулярных проверок этих объектов в соответствии с национальными правилами, с учетом международных требований безопасности и НСТ, а также учитывая предложенные инженерные решения для устойчивой добычи полезных ископаемых и восстановления окружающей среды.

Как указано выше, одним из основных элементов Методологии безопасности хвостохранилищ является контрольный список для проверки минимального набора требований технической безопасности хвостохранилища в сочетании с потенциальными техническими мерами по внедрению международных стандартов для безопасной эксплуатации хвостохранилищ (Каталог мер). Контрольный список позволяет выполнить детальную оценку уровня безопасности хвостохранилища и рекомендует защитные и превентивные меры на основе НСТ.

Метод контрольного списка является ядром методологии безопасности хвостохранилищ. Он основан на требованиях и принципах, заявленных в Руководстве по безопасности ЕЭК ООН, а также на других сопоставимых международных стандартах хвостохранилища. Таким образом, этот метод является мощным инструментом для процесса координации технических стандартов для всего жизненного цикла хвостохранилищ в регионе ЕЭК ООН. Однако следует отметить, что применение самой методологии можно рассматривать только как один из первых шагов, которые важно предпринять для повышения безопасности хвостохранилищ. Необходимо выполнить дополнительные шаги, которые рекомендованы в Каталоге мер для краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного периода.

Каталог мер содержит рекомендации и меры для всех этапов жизненного цикла хвостохранилища, в значительной степени основанные на рекомендациях и на пересмотренном Справочном документе ЕС по НСТ по Управлению Отходами Добывающей Промышленности (JRC, 2018). Это помогает безопасно управлять хвостохранилищами и оптимизировать работу компетентных органов и операторов хвостохранилищ. Это также ориентир для стран ЕЭК ООН, которые борются с аварийными ситуациями на хвостохранилищах и стараются повысить свои стандарты добычи полезных ископаемых и законодательство.

Преимущества применения контрольного списка:

- ▶ все заинтересованные компетентные пользователи (компетентные органы, инспекторы и операторы) могут работать по одной и той же процедуре оценки, что позволяет проводить последовательную оценку безопасности;
- ▶ операторы хвостохранилища могут выявить несоблюдение минимального набора требований безопасности в качестве самооценки на хвостохранилище;
- ▶ все пользователи работают с одним и тем же Каталогом мер, в котором собраны лучшие доступные технологии в области устойчивой добычи полезных ископаемых;
- ▶ методология контрольного списка является надежной в том смысле, что она дает результаты оценки с хорошей воспроизводимостью, применяемые для одного и того же хвостохранилища разными компетентными пользователями.

Контрольный список — это практический инструмент, который включает три подэлемента:

- ▶ **Анкету** с тремя группами вопросов;
- ▶ **Инструмент оценки безопасности** для оценки уровня безопасности хвостохранилища и выражения результатов оценки Анкеты в агрегированных значениях показателей;
- ▶ **Каталог мер**, рекомендуемый действия по повышению безопасности хвостохранилища.

Вопросы в анкете сформулированы таким образом, чтобы охватить минимальный набор требований, позволяющий оценить состояние хвостохранилища. Вопросы во всех группах контрольного списка отсортированы по жизненному циклу хвостохранилища, и каждый подраздел содержит соответствующие вопросы, относящиеся к конкретному этапу. Признанные во всем мире этапы жизненного цикла хвостохранилища включают выбор площадки и проектирование; строительство; эксплуатация и управление; вывод из эксплуатации, закрытие и обслуживание (см., например, Руководящие принципы ЕЭК ООН).

Инструмент оценки безопасности дает оценку хвостохранилища в соответствии с применимыми требованиями безопасности, генерируя агрегированные значения показателей. Матрица позволяет оценить ответы на вопросы Анкеты на основе простой системы баллов; она включает как **общую**, так и **категориальную оценку** с использованием определенных категорий, что позволяет тщательно проверять все элементы хвостохранилища. Кроме того, благодаря матрице можно оценить неопределенности, вызванные отсутствием данных об обследованном хвостохранилище.

Применение контрольного списка хвостохранилищ поддерживается Каталогом мер с краткосрочными, среднесрочными и долгосрочными мерами безопасности. Краткосрочные и среднесрочные меры базируются в основном на экономических аспектах, тогда как долгосрочные меры должны соответствовать высоким международным стандартам безопасности (например, Руководящие принципы ICOLD, Директива ЕС по добываемым отходам).

Контрольный список доступен в формате Excel, чтобы облегчить его практическое использование за счет автоматического расчета уровня безопасности и простого определения соответствующих мер безопасности.

Для трех групп вопросов были разработаны отдельные инструменты оценки:

- ▶ Для активных площадок, находящихся на одной из стадий жизненного цикла и работающих в соответствии с утвержденной ТОР:
 - “Базовая проверка” (Раздел А);
 - “Детальная проверка” (Раздел В);
- ▶ Для неактивных площадок, у которых в данный момент нет действующего ТОР: «Проверка неактивных территорий» (раздел С).

Вопросы в каждом разделе (А; В; С) разбиты на две группы: **Группа 1** предназначена для **визуального осмотра**, в то время как **Группа 2** предназначена для **работы с документацией**. Визуальный осмотр обязателен для всех трех групп.

Группа «Базовая проверка» (раздел А) предназначена для использования компетентными государственными органами. Оценка может быть выполнена на основе

анализа имеющейся документации оператора (ТОР, ОВОС, протоколы, отчеты о работе и т.д.) и результатов посещения объекта в течение короткого периода времени. Он дает общую оценку уровня безопасности хвостохранилища и помогает определить необходимость более подробной оценки с помощью «Детальной проверки» (раздел В).

Группу «Детальная проверка» (раздел В) рекомендуется применять государственным инспекторам и операторам хвостохранилищ для оценки уровня безопасности на основе подробной оценки составляющих и состояния хвостохранилища. Оценка может быть выполнена на основе анализа имеющейся проектной и строительной информации, а также документации по эксплуатации, подкрепленной дополнительными исследованиями и тестами, уточняющими все параметры хвостохранилища, и с использованием информации, полученной в ходе интервью с персоналом хвостохранилища, полученной во время посещения площадки.

Цели раздела «Детальная проверка»:

- ▶ оценка всех систем и технических компонентов хвостохранилища;
- ▶ оценка всех рисков / опасностей, воздействий и потенциальных воздействий, связанных со строительством, эксплуатацией, закрытием и восстановлением хвостохранилища;
- ▶ и определение потребностей и приоритетов для принятия краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных мер, направленных на повышение уровня безопасности хвостохранилища.

Оценка безопасности с помощью раздела «Детальная проверка» требует соответствующих профессиональных знаний для оценки технической реализации выполненных мероприятий. Каталог мер прикреплен к разделу «Детальная проверка» для определения необходимых мер, которые рекомендуется реализовать.

Группа «Проверка неактивных территорий» (Группа С) предназначена для оценки неактивных хвостохранилищ, в том числе заброшенных и бесхозных. Его цель - оценить неактивные объекты, установить приоритеты проверки и улучшить управление на неактивных объектах. Причина отдельной анкеты Раздела С заключается в том, что заброшенные и бесхозные хвостохранилища без регулярного или какого-либо осмотра и вмешательства могут вызвать долгосрочное загрязнение окружающей среды (поверхностных и подземных водотоков, местообитаний, почвы).

В рамках кыргызского проекта вопросы раздела В были пересмотрены и лучше приспособлены к условиям горнодобывающей промышленности Кыргызстана с учетом геоморфологических, сейсмических ограничений, особенностей типов горнодобывающих отходов (например, высокая доля радиоактивных отходов). Кроме того, участниками тренинга были рекомендованы структурные изменения, а также было предложено изменить инструмент оценки в части оптимальности результатов и сделать его более артикулированным. В ответ на эти запрошенные изменения часть посещения объекта (Группа 1) раздела «Детальная проверка» (раздел В) была полностью пересмотрена и обновлена вместе с измененным инструментом оценки.

Подробную документацию по «Базовой проверке» (Раздел А) и «Проверка неактивных территорий» (Раздел С) можно найти в предыдущих отчетах по проекту (UBA 2018, UBA 2020a). Пересмотренный и обновленный раздел «Подробная проверка» (Раздел В) как самостоятельный инструмент для оценки безопасности хвостохранилища описан в следующих главах.

3.1 Подробный контрольный список для эксплуатации хвостохранилищ

Целью раздела «Детальная проверка» (Раздел В) является оценка состояния хвостохранилища посредством ответов в соответствии с конкретными категориями и критериями. Тщательный и всесторонний анализ безопасности хвостохранилища необходимо провести, ответив на вопросы. Раздел «Детальная проверка» должна использоваться вместе с тщательной проверкой документации и посещением объекта. Она предполагает дальнейшую компьютерную работу с заполнением контрольного списка хвостохранилища. На основании представленной оценки власти могут при необходимости провести встречную проверку.

Группа вопросов «Детальная проверка» предназначена для использования опытными инспекторами и персоналом. Его также можно использовать для программ повышения квалификации. Рекомендуется использовать этот контрольный список в первую очередь для хвостохранилищ с высокими значениями ИОХ и ИРХ с целью улучшения условий безопасности. Более того, это может быть полезно для оценки уровня безопасности с учетом последствий от аварий, произошедших на аналогичных объектах.

Как указано выше, инструмент контрольного списка состоит из трех технических компонентов: анкеты, инструмента оценки безопасности и каталога показателей. контрольный список составлен в MS Excel (см. Прикрепленный файл Checklist Tool.xls). для облегчения обработки данных и автоматизированной процедуры оценки.

3.1.1 Анкета

Раздел «Детальная проверка» включает группы «Подробный визуальный осмотр» (Группа 1) и «Подробная проверка документа» (Группа 2). Применение обеих групп требуется для полной и надежной оценки уровня безопасности хвостохранилища.

Группа 1 состоит из 38 вопросов, а группа 2 - из 223 вопросов. Обе группы охватывают три основных этапа всего жизненного цикла хвостохранилища: от этапа проектирования и строительства через эксплуатацию и управление до закрытия и обслуживания. Каждый из основных этапов далее подразделяется на несколько категорий, позволяющих оценить безопасность хвостохранилища в соответствии с различными планировочными, техническими и эксплуатационными аспектами, помимо общей оценки безопасности. Категории и количество вопросов, попадающих в них для обеих групп, представлены в Таблице 1.

На все вопросы контрольного списка необходимо ответить, выбрав один из пяти альтернативных вариантов:

1. «Да» применяется, если имеется достаточно данных или информации, чтобы дать положительный ответ.
2. «Нет» применяется, если имеется достаточно данных или информации, чтобы дать отрицательный ответ, или если нет никакой информации для ответа на вопрос.
3. «Скорее да» применяется, если нет достаточно данных или информации, чтобы дать окончательный ответ («да» или «нет»), но есть больше аргументов для принятия положительного ответа «да», а не «нет».
4. «Скорее нет» применяется, если нет достаточно данных или информации, чтобы дать окончательный ответ («да» или «нет»), но есть больше аргументов для принятия отрицательного ответа «нет», а не «да».
5. «Неприменимо» выбирается, если вопрос не имеет отношения к конкретному хвостохранилищу или ситуации.

Таблица 1. Структура анкеты группы «Детальная проверка».

Фаза / категория жизненного цикла хвостохранилища	Группа 1	Группа 2
Фаза проектирования и строительства		
Выявление опасностей и оценка рисков		26
Оценка воздействия на окружающую среду и Планирование землепользования	3	21
Планирование на случай чрезвычайных ситуаций		6
Проектная документация и разрешения	3	30
Организационное и корпоративное управление		6
Фаза эксплуатации и управления		
Работы по сооружению дамб и контроль хвостохранилищ	9	5
Управление водными ресурсами	8	13
Транспорт и инфраструктура	5	6
Тренинги, обучение персонала		18
Организационное и корпоративное управление		17
Планирование на случай чрезвычайных ситуаций	3	26
Мониторинг элементов и процессов инфраструктуры	5	12
Мониторинг элементов окружающей среды	2	13
Фаза закрытия и обслуживания		
План закрытия и рекультивации		12
Организационное и корпоративное управление		8
Мониторинг элементов и процессов инфраструктуры		2
Мониторинг элементов окружающей среды		2
Общее	38	223

Каждый вопрос сформулирован таким образом, что положительный ответ «да» интерпретируется как максимальный уровень безопасности хвостохранилища, тогда как отрицательный ответ «нет» считается минимальным уровнем безопасности хвостохранилища для данного вопроса. Неоднозначные ответы «скорее да» и «скорее нет» позволяют пользователю контрольного списка быть гибким в оценке, принимая во внимание доступность и надежность источников данных.

На вопросы Группы 1 необходимо ответить на основании посещения объекта, охватывающего все критические компоненты хвостохранилища. Настоятельно рекомендуется проконсультироваться для ответа на некоторые вопросы необходимо с операторами хвостохранилища во время визита. Места, которые нельзя посетить лично, следует исследовать с помощью записи с дрона.

Для ответа на вопросы Группы 2 необходимо иметь доступ к проектной документации хвостохранилища, руководству по эксплуатации, планам действий в чрезвычайных ситуациях и регулярным отчетам о мониторинге и проверках безопасности.

Важно отметить, что на разных этапах жизненного цикла хвостохранилища набор применимых вопросов будет меняться в соответствии с задачами, документами и компонентами хвостохранилища, относящимися к данному этапу. Эта зависимость показана на рисунке 1.

Рисунок 1. Задачи, документы и элементы хвостохранилища, относящиеся к оценке на различных этапах жизненного цикла хвостохранилища



источник: собственная иллюстрация

3.1.2 Инструменты оценки безопасности

Качественная оценка уровня безопасности хвостохранилища выполняется с помощью Инструмента оценки безопасности, который находится в рабочих листах, приложенным к рабочим листам Анкеты. Как для Группы 1, так и для Группы 2, а также для всей анкеты **общая и категориальная оценка** уровня безопасности выполняется автоматически на основе агрегированных числовых значений из ответов на контрольные списки.

Общая оценка уровня безопасности хвостохранилища суммирует численные значения всех ответов на вопросы Контрольного списка. Он определяет состояние хвостохранилища и количественно определяет приоритет рекомендуемых вмешательств и корректирующих действий.

Категориальная оценка является дополнительной к общей оценке, она демонстрирует безопасность хвостохранилища с различных аспектов - задачи, выполняемые персоналом, и состояние основных компонентов хвостохранилища, а также предоставляет подробную информацию о производительности и условиях хвостохранилища.

На первом этапе каждый ответ оценивается численно с использованием одной и той же системы подсчета очков. Численная оценка основана на ответе на вопрос, преобразованном в значения, представленные в рабочих листах «Вопросы группы 1»; «Вопросы группы 2». Преобразование ответов в числовые значения дано, как описано в таблице 2.

Таблица 2. Численная оценка ответов.

Ответ	Оценка
“Да”	4
“Скорее да”	3
“Скорее нет”	2
“Нет”	1
“Не применимо”	0

Балл за вопрос определяется с помощью следующей формулы:

$$S = A \cdot f_w \quad (6)$$

где S - оценка за ответ, A - числовое значение ответа, базирующееся на визуальной и документальной оценке, f_w - вес вопроса.

Наиболее важными для технических требований безопасности эксплуатации хвостохранилища считаются вопросы, несоблюдение которых может привести к возникновению аварийной ситуации. Предполагается, что критические вопросы имеют двойное значение по сравнению с общим вопросом, поэтому вес вопроса равен 1 для общих вопросов и 2 для критических вопросов.

3.1.2.1 Общая оценка

На втором этапе показатели безопасности хвостохранилища оцениваются с использованием двух факторов, которые оцениваются по количеству ответов на отдельные вопросы. Фактор «Соответствие требованиям безопасности (СТБ)» — это показатель, количественно определяющий, сколько компонентов и параметров проверяемого хвостохранилища соответствуют минимальному набору требований экологической и промышленной безопасности. Фактор «Достоверность (ФД)» — это показатель, количественно определяющий надежность ответов - на основе достаточности и согласованности данных, используемых для оценки эффективности (Контрольный список).

СТБ рассчитывается путем суммирования баллов количественных ответов и соотношения его с суммой максимальных баллов для обеих групп:

$$СТБ_{общ} = \frac{СТБ_1 + СТБ_2}{2} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{N_1} S_i}{\sum_{i=1}^{N_1} S_{i,max}} + \frac{\sum_{j=1}^{N_2} S_j}{\sum_{j=1}^{N_2} S_{j,max}} \right) \cdot 0.5 \quad (7)$$

Где $СТБ_{общ}$ – общий коэффициент СТБ, $СТБ_1$ и $СТБ_2$ факторы для Группы 1 и 2,

N_1 и N_2 – количество вопросов для Группы 1 и 2,

S_i и S_j – баллы за ответы на вопросы i и j ,

$S_{i,max}$ и $S_{j,max}$ – максимальный балл за ответ на вопрос i и j (значение 4 применяется для общих вопросов, значение 8 - для критических вопросов),

i и j – индексы вопросов для Группы 1 (i) и 2 (j). Вопросы, на которые был дан ответ «не применимо», не учитываются при расчете СТБ.

Однозначно положительный ответ («да») на все вопросы делает значение СТБ равным 100%. Ответы «нет» пропорционально уменьшают общий балл. Теоретически ответ на все вопросы «нет» приведет к 0% значения СТБ. Если на некоторые (но не на все) вопросы дан неоднозначный ответ («в основном да» или «в основном нет»), то значение СТБ также будет меньше 100 %, что указывает на недостатки по сравнению с ожидаемыми техническими стандартами.

ФД рассчитывается путем суммирования количества окончательных ответов («да» или «нет»), которое затем делится на количество соответствующих вопросов (общее количество вопросов за вычетом неприменимых вопросов) для обеих групп:

$$ФД_{общ} = \frac{ФД_{общ,1} + ФД_{общ,2}}{2} = \left(\frac{N_{def,1}}{N_{rel,1}} + \frac{N_{def,2}}{N_{rel,2}} \right) \cdot 0.5 \quad (8)$$

Где $ФД_{общ}$ – общий коэффициент ФД фактора, $ФД_1$ и $ФД_2$ – ФД фактор для Групп 1 и 2, $N_{def,1}$ и $N_{def,2}$ – количество точных ответов («да» или «нет») в Группе 1 и 2, $N_{rel,1}$ и $N_{rel,2}$ – это количество соответствующих вопросов (все ответы, кроме «не применимо») в Группе 1 и 2, $N_{rel,1}$ и $N_{rel,2}$ – это количество соответствующих вопросов («да», «скорее да», «скорее нет» или «нет») в Группе 1 и 2.

Чем больше точных ответов получено, тем выше становится ФД, и наоборот, неоднозначные ответы уменьшают этот фактор. Значение ФД менее 100% означает, что

есть неоднозначные ответы на некоторые вопросы контрольного списка. Если ответить на все вопросы либо только положительно, либо только отрицательно, значение ФД будет равно 100% для обоих случаев, хотя значения СТБ будут разными (100% и 0% соответственно) Теоретически, если все ответы неоднозначны («скорее да» или «скорее нет»), значение ФД будет 0%.

Общая оценка в первую очередь принимает во внимание состояние безопасности хвостохранилища на основе фактора «СТБ». СТБ должен составлять 100% (достигнуто полное соответствие стандартам) для «приемлемого» уровня безопасности. В случае, если СТБ меньше 100%, но были даны только ответы «да» или «скорее да», оценка будет «Приемлемо с условиями», что указывает на то, что некоторые вопросы с неоднозначными ответами требуют дальнейшего изучения. Во всех других случаях оценка приведет к «не соответствует» уровню безопасности, указывающему на то, что некоторые стандарты не соблюдаются и надежность источников информации необходимо повысить.

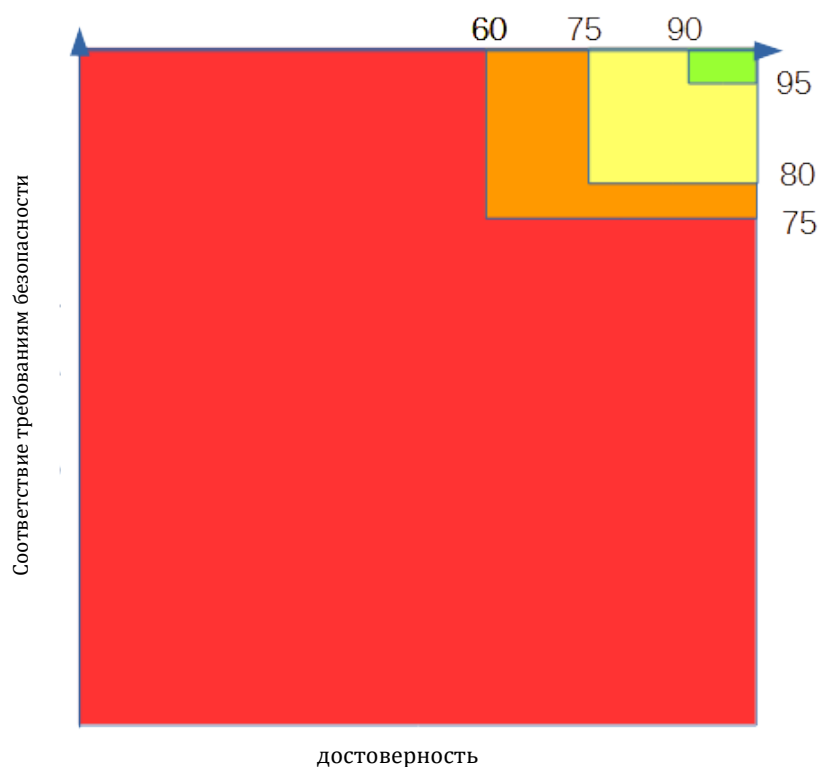
Ответы на четыре специальных вопроса из Группы 1, а именно Q21, Q23, Q27 и Q30, должны иметь определенно положительный ответ («да»), чтобы избежать квалификационного статуса «Не соответствует». Эти четыре «убийственных вопроса» имеют особое значение для устойчивости дамбы и на них нельзя ответить, как на неприменимые, поэтому, если на какой-либо из этих вопросов не получен ответ «да», статус безопасности хвостохранилища считается «Не соответствующим».

С другой стороны, низкие значения ФД указывают на отсутствие соответствующих данных или признаки незначительного износа, которые со временем могут привести к более серьезным проблемам, влияющим на уровень безопасности хвостохранилища.

В случаях, когда уровень безопасности хвостохранилища оценивается как «Приемлемо с условиями» или «Не соответствует», рекомендуется разработать план действий вместе с финансовым планом по повышению безопасности хвостохранилища на основе соответствующих мер, перечисленных в Каталоге мер. Отчет об оценке вместе с планом действий может быть ценной информацией для операторов хвостохранилищ и компетентных органов с точки зрения реализации мер в соответствии с национальным законодательством и необходимыми финансовыми ресурсами.

Рекомендуемые категории и планы действий, основанные на значениях СТБ и ФД, следующие (см. также рисунок. 2.):

Рисунок 2. Категории вмешательства по результатам значений СТБ и "достоверность" (%)

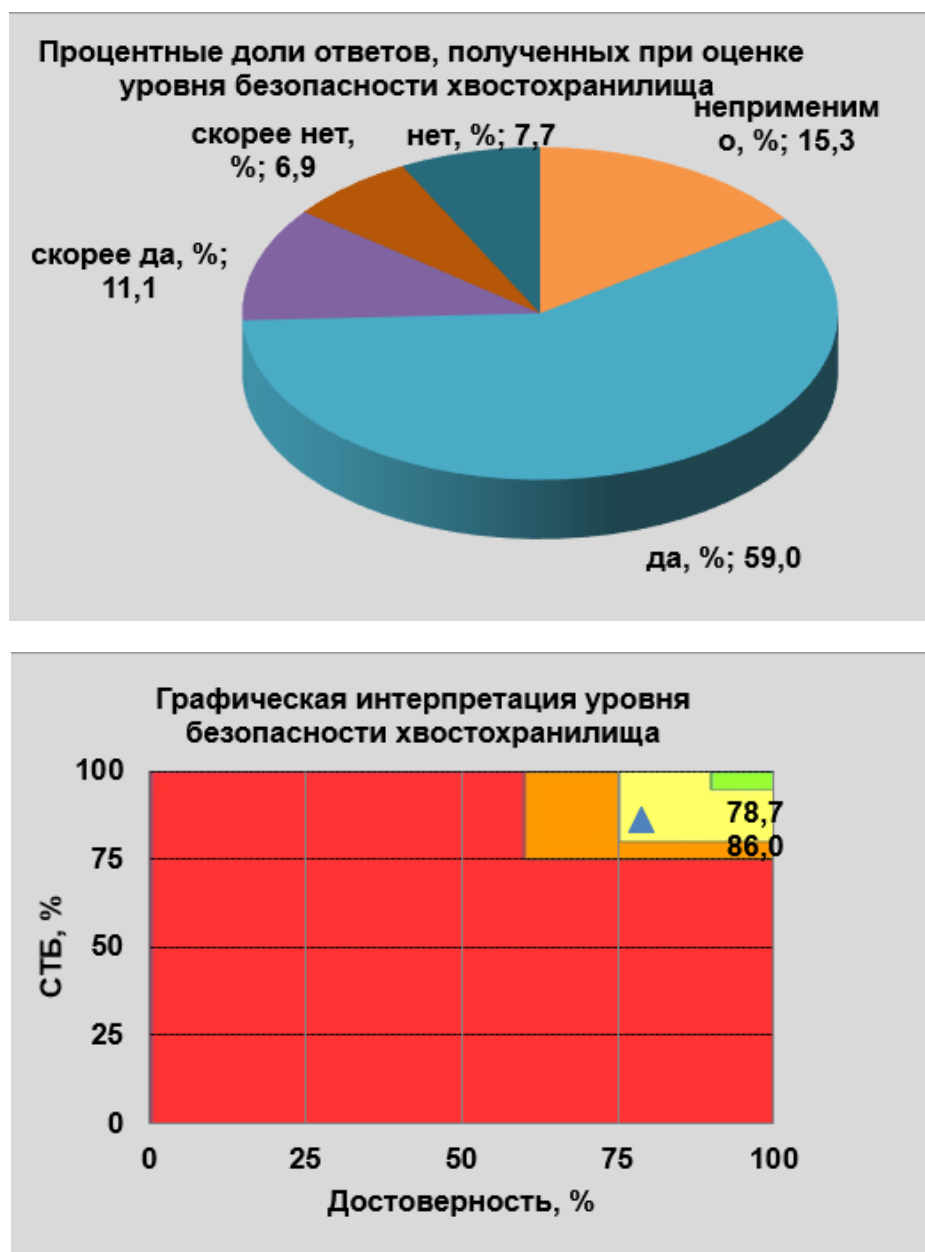


источник: собственная иллюстрация

- ▶ Зеленый: СТБ > 95%; достоверность > 90%: приемлемо с условиями, рекомендуется улучшение,
- ▶ Желтый: СТБ > 80%; достоверность > 75%: приемлемо с учетом условий, рекомендуется краткосрочное улучшение, следует разработать или пересмотреть среднесрочный план действий,
- ▶ Оранжевый: СТБ > 75%; достоверность > 60%: приемлемо с условиями: настоятельно рекомендуется краткосрочное улучшение, следует разработать или улучшить среднесрочный план действий,
- ▶ Красный: СТБ < 75%; достоверность < 60%: «не соответствует», требуются краткосрочные действия.

Результаты оценки (распределение ответов, значения СТБ и ФД по группам и общей анкете) автоматически представляются в сводных таблицах и диаграммах в инструментарии контрольный список (см. рисунок 3). Они генерируются автоматически после ответа на все вопросы.

Рисунок 3. Общая оценка ответов контрольного списка



источник: собственная иллюстрация

3.1.2.2 Категориальная оценка

Оценка уровня безопасности хвостохранилища с помощью вопросов группы «Детальная проверка» основана на независимой оценке вопросов, попадающих в несколько категорий. Вопросы Группы 1 и Группы 2 первоначально классифицированные в соответствии с жизненным циклом хвостохранилища, перераспределяются в категориальной оценке, относящейся к различным задачам и компонентам хвостохранилища (см. также рисунок 1). Категории, перечисленные в таблице 3, охватывают все основные аспекты производительности хвостохранилища, управления, технических свойств и условий площадки. Всего определено 8 категорий для Группы 1 и 12 для Группы 2.

Таблица 3. Категории вопросов в соответствии с различными аспектами управления хвостохранилищем.

Категории	Аббревиатура	Группа 1	Группа 2
Идентификация опасностей и оценка рисков	ИООР		26
Оценка воздействия на окружающую среду и Планирование землепользования	ОВОС-ПЗ	3	21
Планирование ликвидации аварии	ПЛА	3	32
Проектная и разрешительная документация	ПРД	3	30
Организационное и корпоративное управление	ОКУ		31
Работы по наращиванию дамб и контроль хвостов	НДКХ	9	5
Управление водными ресурсами	УВР	8	13
Транспорт и Инфраструктура	ТИ	5	6
Обучение персонала	ОП		18
Мониторинг инфраструктурных аспектов и процессов	МИАП	5	14
Мониторинг аспектов окружающей среды	МАОС	2	15
План закрытия и рекультивации	ПЗР		12
Итого		38	223

Категориальная оценка уровня безопасности хвостохранилища выполняется путем вычисления СТБ для всех категорий отдельным уравнением (4), где k - относится к определенной категории (см. Таблицу 3), N_1 и N_2 — это номера вопросов Группы 1 и 2, попадающих в определенные категории. Для категорий, в которых есть вопросы только для Группы 2, используется значение СТБ, рассчитанное для Группы 2 ($MSR_{2(k)}$).

$$СТБ_{cat(k)} = \frac{СТБ_{1(k)} + СТБ_{2(k)}}{2} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{N_1} S_{i(k)}}{\sum_{i=1}^{N_1} S_{i(k),max}} + \frac{\sum_{j=1}^{N_2} S_{j(k)}}{\sum_{j=1}^{N_2} S_{j(k),max}} \right) \cdot 0.5 \quad (4)$$

Результаты оценки (значения СТБ по категориям для Групп 1 и 2 и общей анкеты) представлены в сводных таблицах и диаграммах в Контрольном списке. Они генерируются автоматически после ответов на все вопросы.

Рабочие списки оценки для групп 1 и 2 содержат сводную таблицу, которая собирает данные из итоговой таблицы вопросов (необработанные данные, столбцы O-W) и перераспределяет данные в таблицы оценки категорий и таблицы общей оценки. Сводную таблицу следует обновлять после каждого изменения в рабочих списках

вопросов, в противном случае общие и категориальные оценочные таблицы, а также диаграммы будут показывать ложные значения.

Рисунок 4. Категориальная оценка ответов Контрольного списка.



источник: собственная иллюстрация

3.1.3 Каталог мер

Каталог мер включает список действий, рекомендуемых к выполнению в случаях, когда было выявлено несоответствие условий хвостохранилища действующим требованиям или правилам безопасности. Эксперты должны определить соответствующие действия для каждой проблемы, обнаруженной на хвостохранилище.

Каталог мер основан на опыте устойчивого управления отходами от добычи, а также с применением современных стандартов безопасности, соответствующие документам согласно «Справочному документу» НТС (JRC, 2018 г.), руководства и рекомендации, предоставленные Кембриджем (2018 г.), и технические руководства ЕС по инспекциям (ЕС, 2020 г.). Каталог мер рекомендуется постоянно обновлять в соответствии с передовыми технологиями, пересмотренными стандартами и опытом применения.

Эти меры охватывают все фазы жизненного цикла хвостохранилища и сгруппированы для решения конкретных проблем (несоответствий), обнаруженных во время оценки хвостохранилища. Далее меры уточняются в соответствии с их приоритетом и периодом времени (краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный).

Обнаруженные проблемы представляют собой определенные несоответствия применимых требований безопасности к фактическому состоянию компонентов или

параметров хвостохранилища. Каждый вопрос анкеты в перечне мер относится к определенной проблеме, для которой предлагаются некоторые решения.

Действия рекомендуются для всех вопросов, на которые нет 100% положительного ответа (ответы «нет», «скорее нет» или «скорее да»). Предлагаемые меры представляют собой одно или несколько действий, направленных на повышение уровня безопасности хвостохранилища. Для решения одной и той же проблемы может быть предложено несколько мер. Пользователь может выбрать наиболее подходящие меры для конкретного случая с учетом особенностей хвостохранилища и конкретного объекта.

Каждая мера указывается в Каталоге мер номером обнаруженной проблемы и заглавной буквой, что ссылается на рекомендуемое действие, например 3A, 21D и т. д.

В Анкете содержатся ссылки на эти меры, поэтому вопросы прямо связаны с ними, которые должны быть реализованы в случаях выявления несоблюдения. Приоритет мер зависит от срочности и стоимости предлагаемых действий и могут быть определены как краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные меры воздействия. Они классифицированы в таблице 4.

Таблица 4. Приоритетность мер

Направление	Цели и стандарты	Ресурсы	Рекомендуемые сроки ¹
Краткосрочные меры	Срочное устранение несоответствий требованиям безопасности на хвостохранилище в соответствии с национальными ² техническими стандартами.	Доступные ресурсы оператора хвостохранилища; их достаточно, чтобы обеспечить малозатратные меры или действия	Заполняется не позднее, чем через 3 месяца после назначения
Среднесрочные меры	Устранение несоответствий требованиям безопасности, требующих нескольких месяцев для геотехнического или технологического внедрения в соответствии с национальными ² техническими стандартами.	Доступные ресурсы оператора хвостохранилища и внешние источники; меры должны быть обоснованы критериями «рентабельности».	Заполняется не позднее, чем через 1 год после назначения
Долгосрочные меры	Техническое обновление инспектируемого хвостохранилища для соответствия требованиям безопасности или рекомендациям по внедрению современных международных стандартов промышленной и экологической безопасности	Доступные ресурсы оператора хвостохранилища и внешние источники, в том числе государственные; меры должны быть обоснованы критериями «рентабельности»	Заполняется не позднее, чем через 5 лет после назначения

¹ Это ограничение может быть изменено в случае аварийных ситуаций, несчастных случаев и по другим важным причинам.

² Международные стандарты применяются, если отсутствуют национальные стандарты по конкретному вопросу.

3.2 Процедура оценки

Контрольный список должен, в первую очередь - но не исключительно - использоваться для тех хвостохранилищ, которые считаются небезопасными на основании проведенной предварительной оценки опасности или риска (например, методы ИРХ или ИОХ). Эти объекты высокоприоритетные и их следует сначала исследовать, применив подробный Контрольный список (Раздел В) для оценки уровня безопасности хвостохранилища.

Чтобы выполнить процедуру оценки, пользователь Контрольного списка должен сначала разработать Программу оценки хвостохранилища. Пользователь контрольного списка может быть юридическим или физическим лицом, который должен соответствовать критериям, установленным национальным законодательством для того, чтобы быть компетентным для выполнения программы оценки хвостохранилища. Программа должна охватывать все этапы работы, приводящие к оценке уровня безопасности хвостохранилища, и включать четко определенные и реалистичные сроки.

Программа должна включать следующие этапы работы:

1. Предварительная проверка наличия и доступности всей актуальной информации о хвостохранилище,
2. Посещение площадки хвостохранилища для визуальной проверки (Группа 1),
3. Проверка документации хвостохранилища (Группа 2),
4. Оценка Контрольного списка и отчет о результатах.

3.2.1 Предварительная оценка информация

Перед началом использования Контрольного списка пользователь должен быть ознакомлен с компанией и оцениваемым хвостохранилищем. По этой причине оператору хвостохранилища следует отправить запрос с шаблоном, который необходимо заполнить, чтобы указать, какая информация доступна о хвостохранилище и его работе. Операторы должны предоставить краткое описание каждого элемента шаблона вместе со списком доступной документации. В шаблон должны быть включены категории, указанные в таблице 5.

Таблица 5. Категории предварительной информации проверки.

No	Запрашиваемая информация (категории)
1	Техническая информация и документация на проектирование: технологические схемы, описание производственного процесса, используемого на предприятии, специфика исходного сырья, химический состав и физические свойства хвостов, детальная технология осаждения хвостов
2	Информация о географических объектах: климатические условия, включая экстремальные погодные условия, статистику осадков и наводнений
3	План размещения хвостохранилища: карты, схемы, кадастровые границы, прилегающая инфраструктура
4	Геолого-гидрогеологические условия: сейсмическая активность, оползни, разломы, карстовые участки, свойства почв, режим подземных вод и др.
5	Экология и окружающая среда: флора, фауна, водные и наземные экосистемы

No	Запрашиваемая информация (категории)
6	Социальная среда: расположение, состояние и размер населенных пунктов и поселений; землепользование, выход на территорию хвостохранилища
7	Риски для: поверхностных водоемов, грунтовых вод, воздуха, почв и биоты
8	Хранимый материал: опасные вещества и материалы, хранящиеся в хвостохранилище
9	История хвостохранилища: сроки строительства и эксплуатации, подрядчик (и), аварии
10	Система управления хвостохранилищами и органы / лица, ответственные за эксплуатацию / техническое обслуживание хвостохранилища

Если какая-либо часть этой информации не предоставляется без письменного обоснования операторов хвостохранилища, пользователю Контрольного списка следует предположить наихудший сценарий и оценить уровень безопасности хвостохранилища как «несоответствующие условия» из-за отсутствия необходимых данных. Пользователь Контрольного списка должен предоставить соответствующий отчет в компетентные органы, обращая внимание на следующие условия:

5. Площадка хвостохранилища была предварительно оценена как имеющая высокий уровень аварийной опасности (индексы ИОХ и ИРХ по отношению к среднему по стране или международному показателю), поэтому срочно необходимо подробное исследование;
6. Рекомендуемые подробные исследования не могут быть выполнены из-за ограниченной информации, доступной от оператора;
7. Реальная опасность аварийного события с возможными значительными последствиями может существовать из-за потенциально несоблюдения мер безопасности;
8. Должна быть срочно проведена официальная проверка с последующим принятием немедленных мер в случае необходимости провести осмотр территории.

3.2.2 Посещение объекта

Визуальный осмотр и оценку безопасности рекомендовано проводить в соответствии с планом посещения объекта, который включает в себя необходимые шаги для использования методологии Контрольного списка. План посещения объекта должен быть основан на изучении предварительной информации, предоставленной оператором хвостохранилища, также включать план работы на участке и содержать предварительный список документов, запрашиваемых для оценки. План посещения участка можно составить на аэрофотоснимке (например, спутниковом изображении высокого разрешения). Лицо или группа, проводящие проверку, должны определить места, где могут быть выполнены наблюдения по данному вопросу из Группы 1, и требуется ли консультация с компетентным представителем оператора для ответа на этот вопрос. Очень важно для плана посещения участка составить простую таблицу с вопросами, как наблюдать и где, указать точки наблюдения.

Перед визитом разработанный план посещения объекта необходимо обсудить с компетентным представителем оператора для обеспечения доступности, технической и кадровой поддержки.

Во время посещения участка пользователь Контрольного списка может сразу максимально полно заполнить анкету Группы 1. Настоятельно рекомендуется построить тесный и открытый диалог с операторами, чтобы обеспечить прозрачность и избежать недопонимания или сокрытия неблагоприятных условий работы. Чем лучше они понимают цель проверки и участвуют в ней, тем выше признание результатов оценки. Двусторонние обсуждения, встречи, собеседования с персоналом могут способствовать беспрепятственному обмену информацией.

Для визуального осмотра труднодоступных частей хвостохранилища рекомендуется использовать дроны с камерами высокого разрешения, фотосъемку и соответствующее оборудование для дистанционного управления, это имеет решающее значение для его безопасности. Записанные видео и фотографии следует использовать в качестве доказательств при оценке результатов от визуального осмотра.

Если проведение такого рода исследований запрещено оператором, есть препятствия для проведения переговоров с персоналом хвостохранилища или необоснованный отказ в проверке каких-либо частей хвостохранилища (особенно тех, которые имеют решающее значение для безопасности) или есть запрет на использование дрона, то проверяющий работающий по Контрольному списку должен подозревать серьезные проблемы, которые могут привести к серьезной аварии на хвостохранилище. В этом случае пользователю Контрольного списка следует предположить наихудший сценарий и оценить уровень безопасности хвостохранилища как «неприемлемые условия» из-за недостаточных условий во время посещения объекта. Так же, как и при предварительной проверке, необходимо срочно провести служебную проверку.

3.2.3 Проверка документов

Отвечая на вопросы Группы 2 требуется всесторонняя комплексная работа, которая будет основываться на имеющейся документации по хвостохранилищу и дополнительной информации, полученной от компании (например: интервью, фотографии). Проверка документов может быть совмещена с посещением объекта, если операторы согласятся на более длительное пребывание инспекторов на хвостохранилище, или может быть проведена после посещения объекта с использованием копий документов, предоставленных персоналом хвостохранилища.

Необходимы следующие документы:

- ▶ Лицензионная проектная документация;
- ▶ Оценка воздействия на окружающую среду;
- ▶ Руководство по эксплуатации, план обращения с отходами;
- ▶ Мониторинг отчетов или журналов по технологическим, экологическим и экологическим параметрам;
- ▶ Сертификаты о квалификации и обучении персонала;
- ▶ Управленческие документы;
- ▶ Внутренние и внешние планы действий в чрезвычайных ситуациях, где это необходимо.

3.2.4 Оценка и отчетность

Заполненный Контрольный список автоматически вычисляет результаты параметров общей и категорийной оценки осуществляется выбор необходимых мероприятий по повышению уровня безопасности хвостохранилища. По результатам оценки пользователь контрольного списка должен составить отчет о выполненных работах и состоянии безопасности исследуемого хвостохранилища.

В отчете должны быть суммированы результаты оценки уровня безопасности хвостохранилища, выявленные в ходе оценки проблемных аспектов/зон хвостохранилищ, все решения о дальнейших действиях, необходимых для реализации рекомендуемых мероприятий (сроки, ресурсы, воздействия) и процедуры контроля действий/ меры, которые необходимо реализовать (ресурсы, сроки). К отчету также следует приложить сопроводительную документацию (карты, фотографии, видеозаписи, итоги встреч).

3.3 Практические испытания на хвостохранилище Алтынкен в Кыргызстане

В рамках реализации проекта на Кыргызском хвостохранилище (площадке хвостохранилища Алтынкена) 27-29 сентября 2021 года в г. Бишкек было организовано региональное демонстрационное обучающее мероприятие для приглашенных национальных и международных операторов хвостохранилищ, и инспекторов по охране окружающей среды. Тренинг включал в себя лекции по Методологии безопасности хвостохранилищ в Бишкеке, выезд на объект, полевые занятия на площадке хвостохранилища Алтынкен (месторождение Талдыбулак Левобережный), а также тестирование, обсуждение и изменение Контрольного списка (снова в Бишкеке). Всего в обучающем мероприятии приняли участие 35 стажеров из Кыргызстана и Казахстана, 5 тренеров, международных экспертов и партнеров проекта.

Основная цель тренинга состояла в том, чтобы продемонстрировать слушателям возможность использования методологии контрольного списка хвостохранилищ, использовать Каталог мер и оценить условия безопасности хвостохранилища, применяя раздел Группы В Контрольного списка. Для этих целей запущенное в 2015 году хвостохранилище Алтынкен стало подходящей площадкой с высокими стандартами безопасности, оборудованной и спроектированной в соответствии с требованиями ВАТ.

В первый день была представлена программа лекций для ознакомления участниками с методологией Контрольного списка, а также приведены примеры с признаками ухудшения положения компонентов хвостохранилища. Кроме того, на второй день было организовано посещение площадки Алтынкен для проверки части Группы 1 Контрольного списка, предназначенного для визуального осмотра. Во время посещения объекта участники были разделены на две команды, и каждая команда провела отдельную инспекцию на объекте. У стажеров был свой контрольный список, и они самостоятельно отвечали на вопросы. Каждую группу сопровождали два инструктора и местные операторы хвостохранилища, которые давали разъяснения по вопросам. На третий день практическая часть была завершена. Работа по посещению объекта сопровождалась составлением маршрута с указанием проблем и количества вопросов, которые могут возникнуть на текущей остановке. На третий день тренинга участники оценили общее и категорийное состояние безопасности хвостохранилища, сравнили результаты визуальных осмотров, обменялись впечатлениями о посещении объекта и дали рекомендации по совершенствованию Контрольного списка. Результаты учебного

мероприятия в значительной степени способствовали пересмотру и обновлению Контрольного списка, в частности Анкеты и Каталога мер.

Оценка результатов показала надежность Контрольного списка, так как объединённые показатели, полученные двумя командами, отличаются только в пределах 5% (таблица 6).

Таблица 6. Оценка ключевых показателей, полученных двумя учебными группами при детальном визуальном осмотре, посещение хвостохранилища Алтынкен.

Ключевые понятия	Результаты от Группы 1	Результаты от Группы 2
Соответствие требования безопасности, СТБ (%)	92.9	95.2
Достоверность (%)	70.6	72.7
ответы „Да” (%)	63.2	63.2
Ответы „Скорее да” (%)	26.3	23.7
Ответы „Скорее нет” (%)	0.0	0.0
Ответы „Нет” (%)	0.0	0.0
Ответы „Неприменимо” (%)	10.5	13.2

Основываясь на отзывах стажеров, восемь вопросов (Q2Q3, Q11, Q14, Q17, Q34, Q36, Q38) были улучшены в Группе 1 контрольного списка

3.4 Преимущества применения контрольного списка хвостохранилища

Контрольный список был задуман как инструментарий для повышения уровня безопасности хвостохранилища и обеспечения общественной безопасности на территориях, потенциально пострадавших от воздействий хвостохранилищ. Помимо повышения технического качества и безопасности, это также может принести много организационных и управленческих преимуществ, перечисленных ниже:

- ▶ Контрольный список хвостохранилищ предъявляет единые квалификационные требования как к операторам хвостохранилищ, так и к государственным инспекторам. Таким образом, систематическое применение контрольного списка хвостохранилищ может постоянно повышать навыки и квалификацию как операторов хвостохранилищ, так и государственных инспекторов.
- ▶ Контрольный список хвостохранилищ унифицирует процедуру оценки безопасности различных хвостохранилищ, что обеспечивает непротиворечивость оценки и соответствует международным стандартам.
- ▶ Контрольный список охватывает весь жизненный цикл хвостохранилищ, поэтому он может выявить недостатки конструкции и несоответствующие условия эксплуатации, повысить готовность к чрезвычайным ситуациям и помочь в реализации плана закрытия и восстановления.

- ▶ Регулярное обучение персонала хвостохранилища может улучшить знания персонала по профилактическим мерам и их готовности к чрезвычайным ситуациям.
- ▶ Систематическое применение контрольного списка к различным хвостохранилищам в разных странах будет способствовать лучшему пониманию возможных рисков в разных географических регионах или речных бассейнах.
- ▶ Надежность и воспроизводимость результатов оценки подтверждает надежность методологии контрольного списка и вытекающие из этого преимущества для операторов и КО.

Доведение результатов контрольного списка хвостохранилищ до общественности и обсуждение вопросов безопасности с местными сообществами в форме общественных слушаний может способствовать повышению осведомленности населения о безопасности хвостохранилищ, предотвращении аварий и управление в условиях аварийных ситуаций. С другой стороны, открытость и сообщение результатов контрольного списка могут продемонстрировать высокий уровень управления, охраны окружающей среды и безопасности объекта и, таким образом, повысить общественное признание отрасли ресурсов.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ОПАСНОСТИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ (ИОХ)

Методология хвостохранилища предлагает индексную оценку потенциальной опасности ряда хвостохранилищ, так называемый метод ИОХ (UBA, 2016). С помощью этого простого индексного метода можно отсортировать большое количество хвостохранилищ и расставить приоритеты в соответствии с рассчитанным потенциалом опасности. Этот подход уже доказал свою полезность в случае ограниченных ресурсов страны (финансовых и кадровых) на хвостохранилищах с наибольшим потенциалом опасности. Критерии, лежащие в основе ИОХ, были разработаны и согласованы международными экспертами и усовершенствованы с учетом результатов анализа аварий хвостохранилищ в прошлом. Кроме того, он очень полезен при графическом картировании хвостохранилищ в странах или международных регионах (например, ЕЭК ООН, речные бассейны).

Первоначальный метод ИОХ был немного изменен путем пересмотра и корректировки нескольких параметров. Общий порядок расчета не изменился.

4.1 Метод Индекса опасности хвостохранилищ

Метод ИОХ принимает во внимание следующие параметры, которые были определены как наиболее важные:

- ▶ объем хвостохранилища,
- ▶ токсичность хвостовых материалов,
- ▶ статус управления хвостохранилищем,
- ▶ природные условия,
- ▶ и безопасность дамбы.

4.1.1 Расчёт ИОХ

Согласно указанным выше параметрам, процедура расчета ИОХ включает пять шагов. В случае, если значения некоторых параметров недоступны или невозможно идентифицировать, необходимо использовать максимальные значения (наихудший сценарий). Таким образом, ожидается, что опасность, связанная с недоступным параметром хвостохранилища (например, токсичностью), будет самой высокой.

4.1.1.1 Ёмкость хвостохранилища

Параметр «Ёмкость хвостохранилища» ($ИОХ_{ЕМК}$) связан с объемом хранимых хвостов на объекте ($м^3$). Предполагается, что параметр увеличивается в результате увеличения объема по логарифмической зависимости с основанием 10, увеличение объема хвостохранилища в 10 раз (на один порядок) увеличивает показатель на 1. Индекс опасности/риска «Ёмкость хвостохранилища» рассчитывается по формуле (4):

$$ИОХ_{ЕМК} = \text{Log}_{10} [V_t] \quad (4)$$

где V_t – объём хвостовых материалов, содержащихся в хвостохранилище, ($м^3$).

4.1.1.2 Токсичность

Параметр «Токсичность хвостов» ($ИОХ_{Токс}$) оценивается на основе класса опасности для воды (WNC) материалов в хвостохранилищах в соответствии с национальной классификацией Германии (UBA, 2017). Для комплексной характеристики токсичности крайне важно иметь параметр, отражающий все потенциальные угрозы водной экосистеме в краткосрочной и долгосрочной перспективе. WNC считается проверенной методологией, объединяющей все потенциальные угрозы для водных экосистем, включая острую и хроническую токсичность, а также биоаккумуляцию, и накапливает опасность для различных организмов (рыб, ракообразных, бактерий). Данные доступные в Интернете примерно по 7000 веществ. В качестве альтернативы возможна самостоятельная классификация в соответствии с согласованной на глобальном уровне системой классификации ООН и маркировки химических веществ. В таблице 7 показана классификация WNC и соответствующий индекс токсичности, который необходимо использовать.

Таблица 7. Оценка токсичности хвостов.

Класс опасности воды, WNC ¹	$ИОХ_{Токс}$
Не опасно	0
Низкий уровень опасности	1
Средний уровень опасности	2
Высокий уровень опасности	3

1 Согласно немецкой классификации

Особая проблема связана с радиоактивными отходами, поскольку радиоактивность не включена в классификацию WNC. Однако его необходимо учитывать, поскольку многие хвостохранилища содержат материалы, полученные в результате добычи радиоактивных веществ (например, в Центральной Азии). Поэтому предлагается применять $ИОХ_{Токс} = 4$ в случае, если радиоактивные вещества хранятся в хвостохранилищах и их радиоактивность превышает удвоенное значение локальной фоновой радиоактивности.

4.1.1.3 Управление хвостохранилищем

Данными для параметра «Управление хвостохранилищем» ($ИОХ_{Управл}$) является статус хвостохранилища, который следует идентифицировать по четырём предложенным вариантам в таблице 7 (пересмотренных по сравнению с исходным методом). Статистика аварий на хвостохранилищах (Rico et al., 2008a, 2008b) показывает, что закрытые и рекультивированные хвостохранилища более безопасны с точки зрения частоты аварий. На данных хвостохранилищах аварий не зарегистрировано.

По этой причине предполагается, что параметр, связанный с управлением хвостохранилищами, для закрытых или рекультивированных объектов ниже, чем для действующих хвостохранилищ. Поскольку на закрытых хвостохранилищах все еще могут отсутствовать необходимые меры безопасности, их потенциал опасности может быть выше, чем у полностью рекультивированных. С другой стороны, заброшенные или бесхозные хвостохранилища могут иметь, по крайней мере, такой же потенциал

опасности, что и активные хвостохранилища, из-за отсутствия эксплуатации, управления и контролируемого наблюдения на месте. Поэтому, а также из соображений предосторожности, потенциальная опасность заброшенных объектов оценивается по той же величине, что и действующие площадки. В то же время $ИОХ_{управл}$ также должен учитывать статус управления временно законсервированными хвостохранилищами, которые могут представлять большую опасность, чем закрытые, но меньшую, чем действующие и заброшенные.

Значение $ИОХ_{управл}$ определяется по таблице 8.

Таблица 8. Оценивание статуса управления.

Статус управления	$ИОХ_{управл}$
Рекультивированное	0
Закрытое	1
Законсервированное	2
Заброшенное/бесхозное	3
Активное	3

4.1.1.4 Природные условия

Параметр «Природные условия» ($ИОХ_{Нат}$) относится к экологическим рискам, которые очень часто связаны с авариями хвостохранилищ. В частности, землетрясения, проливные дожди и наводнения много раз классифицировались как причины аварий хвостохранилища.

Согласно этому, соответствующий потенциал опасности рассчитывается по следующему уравнению:

$$ИОХ_{Нат} = ИОХ_{Сейсм} + ИОХ_{Навод} \quad (5)$$

Где $ИОХ_{Сейсм}$ индекс опасности сейсмической активности, а $ИОХ_{Навод}$ - индекс опасности наводнения, основанный на геологических и гидрологических условиях площадки хвостохранилища.

Значение $ИОХ_{Сейсм}$ рассчитывается на основании данных об относительном пиковом ускорении грунта (относительное ПУГ). (JRC, 2008) Параметр относительного ПУГ, который можно определить по данным, имеющимся в свободном доступе, позволяет гармонизировать различные шкалы национальных классификаций (e.g. GFZ, 2011). Сейсмическая опасность определяется как «Низкая», если «Относительное ПУГ» $\leq 0,1$, и «Умеренная или высокая», если «Относительное ПУГ» $> 0,1$.

Соответственно, сейсмоопасность ($ИОХ_{Сейсм}$) описывается на основе следующего предположения в таблице 9.

Таблица 9. Оценивание сейсмоопасности.

Ссылка ПУГ ¹	ИОХ _{сейсм}
≤ 0.1	0
> 0.1	1

¹ Рекомендовано в EUROCODE 8 (JRC, 2008).

Влияние наводнений (ИОХ_{навод}) относится к подверженным таким наводнениям территориям со статистическим параметром HQ-500, который количественно определяет частоту наводнений с пятистолетним периодом повторяемости (наводнения с вероятностью 1 случай на 500 лет). Опасность затопления в районе размещения хвостохранилища определяется по таблице 10. Подтопляемые территории по значениям HQ-500 могут быть получены из открытых источников. (e.g. JRC, 2016).

Таблица 10. Оценивание наводнений.

Расположение хвостохранилища	ИОХ _{навод}
Расположение в зоне HQ-500	1
Расположение вне зоны HQ-500	0

4.1.1.5 Безопасность дамбы

Стабильность дамбы, вероятно, является наиболее важным параметром при оценке опасности. Параметр «Состояние дамбы» (ИОХ_{дамба}) считается связанным с параметром проектирования дамбы «Коэффициент безопасности» (FoS), который должен быть рассчитан уже на стадии проектирования хвостохранилища, и относится к устойчивости откоса дамбы (Coduto, 1998; Ceuz et al., 2008; Fredlund et al., 2012). Термин FoS обычно используется для обозначения запаса прочности откосов насыпных дамб. Влияние этого параметра на потенциальную опасность хвостохранилища оценивается по табл. 10 по данным Cambridge (2018).

Таблица 11. Оценка безопасности дамбы.

Фактор безопасности (FoS)	ИОХ _{дамба}
> 1.5	0
≤ 1.5 (или недоступно)	1

В прежней методологии ИОХ (UBA, 2016) также учитывался возраст хвостохранилищ. Старые хвостохранилища были классифицированы как более опасные, чем новые. Однако в историческом анализе не было найдено удовлетворительных доказательств этого предположения, и поэтому возраст был исключен. На самом деле есть вероятность,

что и наоборот. Одно из объяснений может заключаться в плохом управлении и отсутствии опыта на новых площадках или даже в консолидированной геологической стабильности старых хвостохранилищ. Для будущих исследований этот аспект следует рассмотреть более внимательно.

4.1.1.6 ИОХ

Общий ИОХ рассчитывается по следующей формуле с учетом всех отдельных критических параметров, которые влияют на опасность хвостохранилища, т.е. объем хвостов, хранящихся в хвостохранилищах, токсичность веществ, содержащихся в хвостах, которые представляют опасность, связанные с фактическим управлением объектом, также специфические природные (геологические и гидрологические) условия на площадке хвостохранилища и функциональность дамбы:

$$\text{ИОХ} = \text{ИОХ}_{\text{Емк}} + \text{ИОХ}_{\text{Токс}} + \text{ИОХ}_{\text{Управл}} + \text{ИОХ}_{\text{Нат}} + \text{ИОХ}_{\text{Дамба}} \quad (6)$$

ИОХ следует понимать в логарифмическом масштабе, а это означает, что увеличение значения ИОХ на единицу указывает на 10-кратное повышение опасности. Пример расчета ИОХ можно найти в приложении Е.

ИОХ представляет собой простой инструмент для грубой оценки аварийной опасности ряда хвостохранилищ в регионе. Более детальные инструменты оценки могут использоваться на национальном или субрегиональном уровне. Кроме того, параметры, показанные в этом отчете, могут подлежать тонкой настройке в соответствии с национальными условиями (например, учет типа и условий депонированных материалов, корректировка значений нескольких параметров).

Разработанная методология ИОХ в первую очередь предназначена для оценки уровня опасности хвостохранилищ и приоритизации очагов опасности. Никакие количественные риски для конкретных областей ниже по течению от хвостохранилища не могут быть определены с помощью ИОХ, и он не принимает во внимание какое-либо потенциальное прямое воздействие на людей или окружающую среду.

Однако при детальном планировании землепользования, которое должно осуществляться в рамках проектирования и лицензирования хвостохранилища, необходимо учитывать потенциальные риски для людей и окружающей среды.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА РИСКА ХВОСТОХРАНИЛИЩА (ИРХ)

Принимая во внимание, что хвостохранилища представляют значительный риск для жизни людей, окружающей среды и построек, расположенных ниже по течению, возможные аварии необходимо учитывать уже во время лицензирования хвостохранилища. В связи с этим аспекты планирования землепользования с учетом уязвимости населения и окружающей среды в районе хвостохранилища являются одной из приоритетных задач по минимизации потерь в случае аварии.

Риск бедствий возникает из-за сложного взаимодействия между процессами развития, которые определяют условия подверженности, неустойчивости и опасности (UNISDR, 2015). Таким образом, риск бедствий рассматривается как сочетание важности и частоты опасности, количества людей и активов, подверженных этой опасности, и их неустойчивости.

Подход ИОХ не учитывает такие важные критерии планирования землепользования, как расстояние до водоемов и населенных пунктов, а также ландшафт ниже по течению. Следовательно, между хвостохранилищами с одним и тем же ИОХ, но расположенными в разных неустойчивых зонах, могут быть значительные различия с точки зрения риска аварий.

Существуют разные формальные определения планирования землепользования, но все они имеют общее понимание, что оно определяется как процесс, в котором земля обозначается и регулируется для различных социальных и экономических видов деятельности, таких как сельское хозяйство, промышленность, отдых, жилье и торговля. Для предотвращения конфликтов в области землепользования, решения по планированию землепользования должны учитывать все возможные источники рисков, связанных с землепользованием, как природных, так и антропогенных, которые включают потенциальные угрозы для здоровья человека, собственности и окружающей среды, которые могут возникнуть из-за своего расположения вблизи опасных объектов, некоторые из которых являются хвостохранилищами.

Оценка рисков и картирование объектов являются важной частью планирования землепользования для хвостохранилищ. Более того, оценки рисков также имеют очевидные преимущества для отдельных стран, поскольку их ограниченные финансовые и кадровые ресурсы направляются на хвостохранилища в соответствии с их уровнем риска.

Для поддержки деятельности по планированию землепользования была разработана методология определения индекса риска хвостохранилища (ИРХ) для оценки рисков потенциальных аварий на различные объекты воздействия.

5.1 Методология определения индекса риска хвостохранилища (ИРХ)

ИОХ (уже описанный в Главе 4) описывает и количественно оценивает потенциальную аварийную опасную ситуацию хвостохранилищ, используя в основе объем и уровень опасности хранимых веществ, а также управления ими, природного участка и условий устойчивости дамбы. Однако при этом не учитываются социально-экономические и экологические ценности, расположенные рядом с хвостохранилищем, которые могут подвергаться риску. Следовательно, необходима усовершенствованная методология

оценки этих дополнительных рисков. ИРХ был разработан для решения этих аспектов, особенно с учетом рисков для людей и окружающей среды.

Метод ИРХ можно использовать:

- ▶ Обеспечить предварительный обобщенный обзор различных рисков на большой территории (например, бассейны трансграничных рек или нескольких стран) или указать наиболее опасные хвостохранилища на национальном уровне (территория всей страны или некоторых регионов);
- ▶ Обеспечить приоритизацию различных типов риска (для окружающей среды и населения) для дальнейшего подробного анализа.

Оценка ИРХ учитывает общий потенциал опасности, а также население и водоемы ниже по течению как потенциальные реципиенты, подверженные риску в случае аварии. Поскольку социально-экономические ценности, подверженные риску, и низкая степень защищенности потенциальных реципиентов могут быть оценены только путем подробной оценки, подход ИРХ не включает эти аспекты.

Любая дальнейшая детальная оценка рисков отдельных хвостохранилищ для поддержки планирования на случай непредвиденных обстоятельств или конкретных оценок безопасности должна включать конкретные аспекты, и информацию непосредственно на площадке и вокруг нее (например, дополнительные реципиенты, которые могут быть потенциально подвержены риску).

5.1.1 Сбор и обработка данных

Для оценки риска хвостохранилища в первую очередь рассматриваются население и водоемы в непосредственной близости от дамбы хвостохранилища. Впоследствии можно определить ИРХ с учетом различных потенциально затронутых зон для населения и окружающей среды ниже по течению.

Анализ произошедших аварий ранее, показывает, что обычная длина сброшенных хвостов на поле (до достижения поверхностных вод) составляет до 10 км от соответствующих хвостохранилищ (Смотри приложение А). Таким образом, зона с радиусом 10 км рассматривается как зона потенциального риска при применении методологии ИРХ.

Соответствующий сбор и обработка данных состоит из следующих этапов:

1. Определение круговой зоны (зоны риска) вокруг хвостохранилища с заданным радиусом, который представляет собой потенциальное расстояние распространения хвостов ниже по течению при аварии на хвостохранилище (10 км).
2. Определение населенных пунктов и водоемов, которые расположены ниже по течению от хвостохранилища и находятся в зоне потенциального риска и, следовательно, могут быть затронуты в случае аварии на хвостохранилище. Населенные пункты и водоемы, расположенные ниже по течению, могут быть идентифицированы с помощью методов Географической информационной системы (ГИС) (например, определение маршрутов потока на основе топографической карты и их пересечение с картой землепользования). В случае, если пользователь этой методологии не имеет лицензии или надлежащих знаний в области ГИС, оценка зоны риска и населенных пунктов / водоемов ниже по течению может быть произведена путем визуального осмотра любых доступных цифровых или бумажных карт (например, спутниковых карт местности).

3. Получение данных о населении и подведение итогов численности населения нижележащих населенных пунктов для зоны потенциального риска (Население, Подвергаемое Рisku, НПР).
4. Получение среднего расхода / площади водной поверхности ближайшей реки / озерного водоема ниже по течению в зоне потенциального риска.

5.1.2 Оценка риска

Метод ИРХ сначала оценивает потенциальное прямое воздействие на население и окружающую среду путем расчета значений индекса воздействия хвостохранилища (ИВХ) для обоих рецепиентов. Затем общий ИВХ объединяется с ИОХ, в результате чего получается ИРХ.

5.1.2.1 Расчет ИВХ

Расчет ИВХ представляет собой упрощенный (базовый) подход, основанный на общей численности населения и размере ближайшего водоема в пределах 10 км.

5.1.2.1.1 Воздействие на население

Параметр $ИВХ_{НПР}$ является фактором, учитывающим население ниже по течению на расстоянии до 10 км от хвостохранилища (НПР). Фактор $ИВХ_{НПР}$ определяется простой классификацией, показанной в таблице 12.

Таблица 12. Индекс воздействия на население.

НПР в зоне 10 км	$ИВХ_{НПР}$
< 100	2
100 - 1000	3
1000 - 10000	4
10000 - 100000	5
≥ 100000	6

5.1.2.1.2 Воздействие на окружающую среду

$ИВХ_{Окр}$ - это фактор, учитывающий размер ближайшего к хвостохранилищу водоема, расположенного ниже по течению на расстоянии 10 км от хвостохранилища, который может быть загрязнен в результате аварии на хвостохранилище. Фактор $ИВХ_{Окр}$ определяется на основе среднего значения речного стока или площади поверхности озера, представленных в таблице 13. Классификация размеров рек относится к схеме МКОРД, используемой для Системы предупреждения об авариях на Дунае (МКОРД, 2018). По прагматическим соображениям вместо математического уравнения (например, логарифмической функции среднего расхода реки) устанавливается простая классификация, поскольку данные о конкретном расходе / площади водной поверхности очень часто недоступны.

Таблица 13. Индекс воздействия на окружающую среду.

Расход потока, м ³ / с или площадь озера, км ²	ИВХ _{Окр}
< 100	2
100 - 1000	3
> 1000	4

5.1.2.1.3 Общий ИВХ

Общий ИВХ рассчитывается по следующей формуле:

$$ИВХ = ИВХ_{НПР} + ИВХ_{Окр} \quad (7)$$

5.1.2.2 Расчет ИРХ

ИРХ рассчитывается на основе значений ИРХ и ИВХ по следующей формуле:

$$ИРХ = ИОХ + ИВХ \quad (8)$$

Пример расчета ИРХ можно найти в Приложении Е.

Индекс ИРХ может быть легко интегрирован в кадастровую систему страны, что поможет компетентным органам намного проще оценить риск хвостохранилищ.

Однако в случае детального планирования землепользования, которое должно выполняться в рамках проектирования и лицензирования хвостохранилищ, необходимо учитывать потенциальные риски для людей и окружающей среды.

5.2 Аспекты землепользования

В Руководстве ЕЭК ООН по безопасности хвостохранилищ говорится о необходимости учета аспектов планирования землепользования при оценке оптимального размещения новых хвостохранилищ, а также о необходимости проведения оценки воздействия на окружающую среду до начала строительства.

Для выполнения этого условия при строительстве новых хвостохранилищ рекомендуется оценить наличие зданий и водоемов в непосредственной близости от будущего хвостохранилища. Для этого рекомендуется принимать во внимание такие аспекты землепользования, как площади возможных зон неустойчивости. Принимая во внимание результаты исторического анализа, радиус 10 км можно принять как пограничную зону для ограничений.

Необходимо определить зоны риска возле хвостохранилищ, так как потенциальная опасность экспоненциально возрастает вблизи от хвостохранилища.

Территорию вблизи хвостохранилищ целесообразно зонировать, в пределах которой будет действовать ряд ограничений:

- Зона А - до 1 км

- ▶ Зона В - от 1 до 5 км
- ▶ Зона С от -5 до 10 км
- ▶ Зона D - за пределами 10 км

Эти зоны следует рассматривать как потенциально затронутые возможными авариями на хвостохранилище. При определении зон необходимо учитывать рельеф местности, ущелья, русла рек, леса, рельеф местности ниже отметок. В зависимости от конкретных условий возможна некоторая корректировка размеров зон.

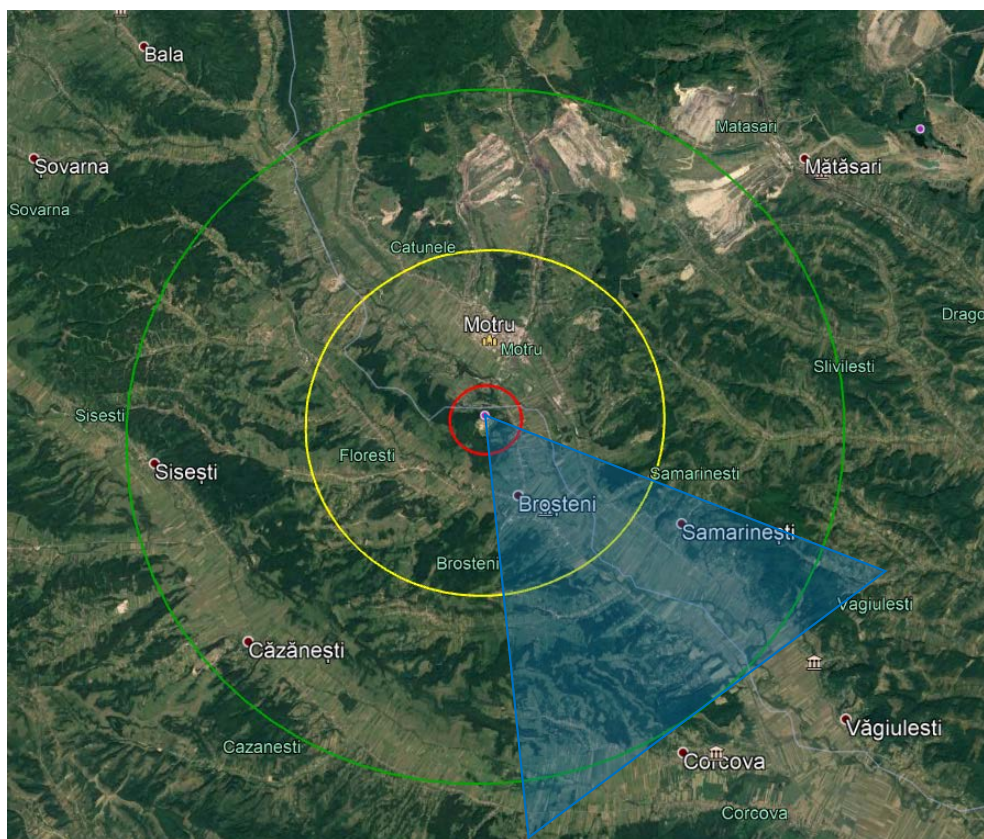
Предлагаются ограничения по зонированию для строительства новых хвостохранилищ (таблица 14), а также дополнительные меры предосторожности для существующих хвостохранилищ (таблица 15).

Аналогичные меры предосторожности требуются для недействующих хвостохранилищ, заброшенных, законсервированных или рекультивированных в случае неудовлетворительной эксплуатации.

Таблица 14: Предлагаемые ограничения для новых хвостохранилищ.

Зоны	Дистанция, м	Рекомендации
A	< 1000	Отсутствие водных объектов, строительство объектов инфраструктуры, используемых людьми, не допускается
B	1000 - 5000	Отсутствие водоемов, запрещено строительство жилых образовательных или медицинских учреждений, размещение баз отдыха, палаточных лагерей, стоянок для охотников, рыболовов и туристов
C	5000 - 10000	Не допускается размещение стадионов, национальных парков, аэропортов, тор говых центров, прочих объектов с массовым нахождением людей
D	>10000	Без ограничений

Рисунок 5. Определение различных подзон риска ниже месторасположения нового (планируемого) хвостохранилища.



источник: собственная иллюстрация и Google

Красный круг обозначает зону риска А (0–1 км), желтый круг обозначает зону риска В (1–5 км), зеленый круг обозначает зону риска С (5–10 км), а синяя зона обозначает зону риска. территория ниже по течению, которая может быть затронута в зонах риска в случае аварии.

© Google

Таблица 15. Предлагаемые ограничения для существующих хвостохранилищ.

Зона	Ограничения	Рекомендация
А	Отсутствие водных объектов, строительство объектов инфраструктуры (кроме технических зданий), используемых людьми, не допускается	Для водного объекта - построить дополнительную защитную дамбу. Необходима система оповещения. Для зданий - разработать план по их перемещению в более безопасную зону. Территория хвостохранилища должна быть огорожена, а в зоне риска должны быть размещены опознавательные знаки и информационные щиты, уведомляющие о возможной опасности.

Зона	Ограничения	Рекомендация
В	Отсутствие водоемов, запрещено строительство жилых, образовательных или медицинских учреждений, размещение баз отдыха, палаточных лагерей, стоянок для охотников, рыболовов и туристов	Для водных объектов - необходимы автоматические станции мониторинга, зависящие от защитных мер Для зданий - необходимо строительство защитной стены или рва, которые могут защитить население, и особенно детей, в случае аварии на хвостохранилищах.
С	Размещение стадионов, национальных парков, аэропортов, торговых центров не допускается	Разработать план эвакуации в чрезвычайных ситуациях, установить систему связи между операторами и представителями аэропорта, стадиона или парка

Это предложение может быть скорректировано в соответствии с оценкой индивидуального риска, установленными мерами безопасности или другими индивидуальными факторами.

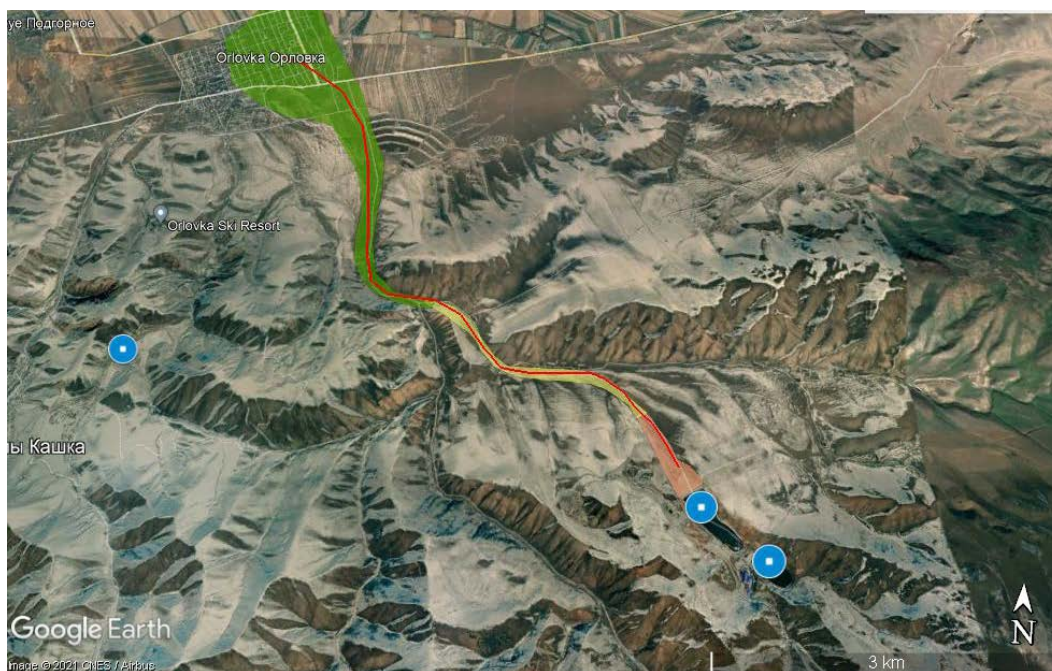
В то же время размер этих зон может быть адаптирован к условиям страны, топографическим и климатическим условиям местности.

Кроме того, с учетом законодательной и нормативной базы стран эти зоны риска могут быть интегрированы в местные нормативные акты. Например, Кыргызстан адаптирует зоны риска для использования в Санитарно-эпидемиологических правилах и стандартах.

5.3 Пример использования зон риска

Для демонстрации применения зон риска было выбрано хвостохранилище «Алтынкен» на золоторудном месторождении Талдыбулак Левобережный. Месторождение Талдыбулак Левобережный расположено в юго-восточной части Чуйской долины, в долине реки Талдыбулак. Он включает в себя два хвостохранилища. Расчетное расстояние вниз по течению 10 км учитывает топографию территории (рисунок 6) и показывает потенциальную утечку хвостов в случае аварии.

Рисунок 6. Расстояние вниз по течению от хвостохранилища «Алтынкен».



источник: собственная иллюстрация и Google Earth

Красной зоной обозначена зона риска А (0-1 км), желтой зоной - зона риска В (1-5 км), зеленой зоной - зона риска D (5-10 км) вниз по течению территории, которая потенциально может быть пострадавших в зонах риска в случае аварии.

© Google

В зоне А (5 км зона) расположена река Тадыбулак. В зоне С (10 км) находится город Орловка с населением 6260 человек. В этой же зоне расположены школа, детский сад и больница. следует учитывать следующие ограничения:

- Для реки Тадыбулак: построить дополнительную защитную дамбу. Разработать систему оповещения в случае аварии.
- Для больницы, школы и детского сада – разработать план эвакуации в случае аварии.

5.4 Рекомендации по картированию рисков

Картирование является необходимой частью планирования землепользования, чтобы четко проиллюстрировать существующие экологические условия, расположение городских территорий, типы землепользования, потенциальные источники рисков и возможные последствия. Для планирования землепользования и оценки рисков опасных хвостохранилищ рекомендуется составить набор карт, демонстрирующих рассматриваемую территорию и ее состояние:

1. Землепользование на территориях, прилегающих к хвостохранилищу;
2. Городская застройка и промышленные объекты, расположенные ниже по течению;
3. Топографические и ландшафтные условия (например, склон, элементы ландшафта)

4. Гидрологические и экологические характеристики (например, поверхностные и подземные водные объекты, поймы, природоохранные зоны).

Используя современные инструменты оценки рисков (на основе географических информационных систем), все карты с географической привязкой и пространственные данные об опасностях и рисках могут быть наложены друг на друга, чтобы четко представить ситуацию. Результатом является карта рисков, по которой можно оценить потенциальное воздействие опасных видов деятельности на другие виды землепользования и застройки.

Для оценки последствий на население, экономику и водные ресурсы, следующие параметры рекомендуется интегрировать и оценить ответственными органами:

1. расположение хвостохранилищ,
2. объем хвостов и емкость хвостохранилища,
3. перечень опасных материалов и их токсичность,
4. условия эксплуатации хвостохранилища,
5. опасные природные явления на территории хвостохранилища (сейсмичность, наводнения, осадки, таяние снега, оползни, ветер),
6. параметры устойчивости плотины,
7. зона риска ниже по течению с определенным радиусом,
8. население ниже по течению в определенных зонах риска,
9. водные объекты ниже по течению в определенных зонах риска,
10. ландшафтные и топографические свойства,
11. социально-экономические и экологические ценности ниже в определенных зонах риска (потенциально),
12. расстояние до других хвостохранилищ или опасных объектов (потенциально),
13. расстояние до границы страны или государства (потенциально).

Этот выбор позволяет учитывать также аспекты планирования землепользования. Кроме того, визуализация очень важна для правильной оценки рисков и вытекающих из этого стратегий для планирования действий в чрезвычайных ситуациях. Более того, в случае прорыва дамбы пострадавшие районы, включая почву, населенные пункты и загрязненную воду, можно легко увидеть благодаря визуальному осмотру и анализу изображений, собранных с разных спутников, которые показывают территорию вблизи разрушенного хвостохранилища до и после стихийного бедствия.

6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Azam, S., Li, Q. (2010). Tailings Dam Failures: A Review of the Last One Hundred Years. Waste GeoTechnics. Geotechnical news.
- Berghe, J. F., Ballard, J.-C., Pirson, M., Reh, U. (2011). Risk of Tailings Dams Failure. Bundesanstalt fuer Wasserbau ISBN, 209-216.
- Bowker, L. N., Chambers, D. M. (2015). The Risk, Public Liability, & Economics of Tailings Storage Facility Failures. Earthwork Act.
- Bowker, L. N., Chambers, D. M. (2016). Root Causes of Tailings Dam Overtopping: The Economics of Risk & Consequence. 2nd International Seminar on Dam Protection Against Overtopping. Ft. Collins, Colorado, USA, 7-9 September 2016.
- Bowker, L. N., Chambers, D. M. (2017). In the Dark Shadow of the Supercycle Tailings Failure Risk & Public Liability Reach All Time Highs. Environments, 4(4), p 75.
- Cambridge, M. [ed.] (2018). The Hydraulic Transport and Storage of Extractive Waste. Guidelines to European Practice. Springer.
- Coduto, D. P. (1998). Geotechnical Engineering: Principles and Practices. Prentice-Hall.
- Concha Larrauri, P., Lall, U. (2018). Tailings Dams Failures: Updated Statistical Model for Discharge Volume and Runout. Environments, 5(2), 28-35.
- ФДуз, А. М, Steinberg, L. J., Vetere Arellano, A.L. (2004). State of the Art in Natech Risk Management, EU Joint Research Centre, European Commission.
- CSP2 (2020). Database on Tailings Storage Facility Failures 1915-2020. Center for Science in Public Participation, <http://www.csp2.org/>.
- Davies, M. P. (2002). Tailings Impoundment Failures: Are Geotechnical Engineers Listening? Geotechnical News, September 2002, pp. 31-36.
- Davies, M. P., Martin, T. E. (2000). Upstream Constructed Tailings Dams - A Review of the Basics. In proceedings of Tailings and Mine Waste '00, Fort Collins, January, Balkema Publishers, pp. 3-15.
- EC (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, European Commission.
- EC (2000). Report of the International Task Force for Assessing the Baia Mare Accident, European Commission.
- EC (2006) Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC, European Commission.
- EC (2007). Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks, European Commission.
- EC (2010) Directive 2010/75/EU of the European Parliament and the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control), European Commission.
- EC (2012). Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC, European Commission.
- EC (2020). Commission Implementing Decision (EU) 2020/248 of 21 February 2020 laying down technical guidelines for inspections in accordance with Article 17 of Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council, European Commission.

- Fredlund, D. G., Rahardjo, H., Fredlund, M. D. (2012). *Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice*. Wiley-Interscience.
- GFZ (2011). Global Seismic Hazard Map Data. German Research Centre for Geosciences, http://gmo.gfz-potsdam.de/pub/download_data/download_data_frame.html.
- GTR (2020). Global Tailings Review, <https://globaltailingsreview.org/>.
- ICOLD (2001). Bulletin 121. Tailings dams risk of dangerous occurrences: Lessons learnt from practical experiences. International Commission on Large Dams.
- ICOLD (2007). Bulletin 158. Dam Surveillance Guide. International Commission on Large Dams.
- ICPDR (1994). Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable Use of the Danube River, International Commission for the Protection of the Danube River.
- ICPDR (2018). International Operations Manual for Principal International Alert Centres of the Danube Accident Emergency Warning System. International Commission for the Protection of the Danube River.
- JRC (2008). A Review of the Seismic Hazard Zonation in National Building Codes in the Context of EUROCODE 8. EU Joint Research Centre, <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/EUR23563EN.pdf>.
- JRC (2016). Flood hazard map for Europe, 500-year return period. EU Joint Research Centre, https://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/jrc-floods-floodmapeu_rp500y-tif.
- JRC (2018). Best Available Techniques (HCT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC, EU Joint Research Centre, <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/best-available-techniques-HCT-reference-document-management-waste-extractive-industries>.
- Liu, R., Liu, J., Zhang, Z., Borthwick, A., Zhang, K. (2015). Accidental water pollution risk analysis of mine tailings ponds in Guanting reservoir Watershed, Zhangjiakou city, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(12), 15269–15284.
- Mecsi, J. (2013). Technical Analyses and Lessons of the Embankment Failure at the Ajka Red Mud Reservoir. *Proceedings of the 7th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, 66, <http://scholarsmine.mst.edu/icchge/7icchge/session03/66>.
- Rico, M., Benito, G., Salgueiro, A. R., Diez-Herrero, A., Pereira, H.G. (2008a). Reported tailings dam failures. A review of the European incidents in the worldwide context. *Journal of Hazardous Materials* 152 (2008) pp. 846–852.
- Rico, M., Benito, G., Diez-Herrero, A. (2008b). Floods from tailings dam failures. *Journal of Hazardous Materials*, 2008, pp. 79-87.
- Roche, C., Thygesen, K., Baker, E. (2017). Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation.
- Santamarina, J. C., Torres-ФДуз, L. A., Bachus, R. C. (2019). Why coal ash and tailings dam disasters occur. *Science*, 364 [6440], 526-528. DOI: 10.1126/science.aax1927.
- SNL (2016). Global Mining Information: SNL Metals and Mining's Metals Economics Group.
- UBA (2016). Improving the safety of industrial tailings management facilities based on the example of Ukrainian facilities. German Environment Agency, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/doku_01_2016_improving_the_safety_of_industrial_tailings_management_facilities.pdf.
- UBA (2017). Water Hazard Classes (Wassergefährdungsklassen), German Environment Agency, <https://webigoletto.uba.de/rigoletto/public/welcome.do>.

UBA (2018). Raising Knowledge among Students and Teachers on Tailings Safety and its Legislative Review in Ukraine. German Environment Agency, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/raising-knowledge-among-students-teachers-on>.

UBA (2020a). Assistance in safety improvement of Tailings Management Facilities in Armenia and Georgia. German Environment Agency, <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/sustainability-strategies-international/cooperation-eeca-centraleastern-european-states/project-database-advisory-assistance-programme/assistance-in-safety-improvement-of-tailings>.

UBA (2020b). Central reporting and evaluation platform for incidents and malfunctions (Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen), German Environment Agency, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/anlagensicherheit/zentrale-melde-auswertestelle-fuer-stoerfaelle>.

UBA (2020c). Feasibility study on the safety of Tailing Management Facilities in Kyrgyzstan. German Environment Agency, <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/sustainability-strategies-international/cooperation-eeca-centraleastern-european-states/project-database-advisory-assistance-programme/feasibility-study-on-the-safety-of-tailing>

UBA (2020d). Capacity development to improve safety conditions of tailings management facilities in the Danube River Basin – Phase I: North-Eastern Danube countries, German Environment Agency, <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/sustainability-strategies-international/cooperation-eeca-centraleastern-european-states/project-database-advisory-assistance-programme/capacity-development-to-improve-safety-conditions>

UNECE (1991). Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context, United Nations Economic Commission for Europe.

UNECE (1992). Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes, United Nations Economic Commission for Europe.

UNECE (2003). Protocol on Strategic Environmental Assessment to the Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context, United Nations Economic Commission for Europe.

UNECE (2008). Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents, United Nations Economic Commission for Europe.

UNECE (2014). Safety guidelines and good practices for Tailings Management Facilities. United Nations Economic Commission for Europe, <http://www.unece.org/environmental-policy/conventions/industrial-accidents/publications/industrial-accidents/official-publications/2014/safety-guidelines-and-good-practices-for-tailings-management-facilities/docs.html>.

UNECE (2017). Guidance on land-use planning, the siting of hazardous activities and related safety aspects. United Nations Economic Commission for Europe, <http://www.unece.org/environmental-policy/conventions/industrial-accidents/publications/official-publications/2017/guidance-on-land-use-planning-the-siting-of-hazardous-activities-and-related-safety-aspects/docs.html>.

UNEP (1998). Case Studies on Tailings Management, United Nations Environment Programme, International Council on Metals and the Environment, ISBN 1-895720-29-X.

UNISDR (2015). Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva. http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf. Accessed 11 March 2020.

USCOLD (1994). Tailings Dam Incidents, U.S. Committee on Large Dams (USCOLD), Denver, Colorado.

Villarroel, L. F., Miller, J. R., Lechler, P.J., Germanoski, D. (2006). Lead, zinc and antimony contamination of the Rio Chilco-Rio Tupiza drainage system, southern Bolivia. Environ. Geol. 51(2): 283-299.

WISE (2020). Chronology of Major Tailings Dam Failures. World Information Service on Energy Uranium Project, <http://www.wise-uranium.org/mdaf.html>.

WMTF (2020). World Mine Tailings Failures – supporting global research in tailings failure root cause, loss prevention and trend analysis, <https://worldminetailingsfailures.org/>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

А Исторический анализ аварий на хвостохранилищах

За последние несколько десятилетий произошло немалое количество аварий на хвостохранилищах, которых можно было бы избежать или частично контролировать, если бы были приняты адекватные меры безопасности и приняты во внимание аспекты планирования землепользования. Был проведен всесторонний анализ прошлых аварий на хвостохранилищах, чтобы лучше понять значимость и масштабы этих бедствий, включая количество пострадавших и расстояние распространения хвостов ниже по течению от хвостохранилища. Кроме того, были проанализированы снимки со спутника, сделанные до и после некоторых аварий произошедших на хвостохранилищах, чтобы исследовать возможные дистанции сброса до водоемов. Более детальная информация может быть найдена в отчете (UBA, 2020b).

А.1 Сбор данных

База данных аварий на хвостохранилищах была составлена с использованием библиографических источников, а также на основе информации из открытых источников. На первом этапе были изучены существующие данные прошлых аварий на хвостохранилищах. В настоящее время различные исследования и всесторонние обзоры пытаются обобщить причины аварийных ситуаций, как и самих аварий на хвостохранилищах во всем мире, используя исторические данные (например, USCOLD, 1994; Davies, 2002; ICOLD, 2007; Rico et al., 2008a; Rico, et al., 2008b; Bowker and Chambers, 2015; Bowker and Chambers, 2016; Bowker and Chambers, 2017; WMTF, 2020; CSP2, 2020; WISE, 2020). Для этого отчета в качестве основной базы данных использовались данные Bowker and Chambers (WMTF, 2020).

Опубликованная информация, несомненно, ценная, хоть и неполная, поскольку данные о распространенных мелких инцидентах (например, Villarroel et al., 2006) остаются заниженными как в научной литературе, так и в средствах массовой информации. Также считается, что о многих инцидентах не сообщается из-за опасений, что в случае огласки этой информации могут привлечь к юридической ответственности (Davies, 2000), особенно в Китае, России и других странах с формирующимся рынком. Следовательно, выбранная база данных может подлежать дальнейшему регулированию и обновлению.

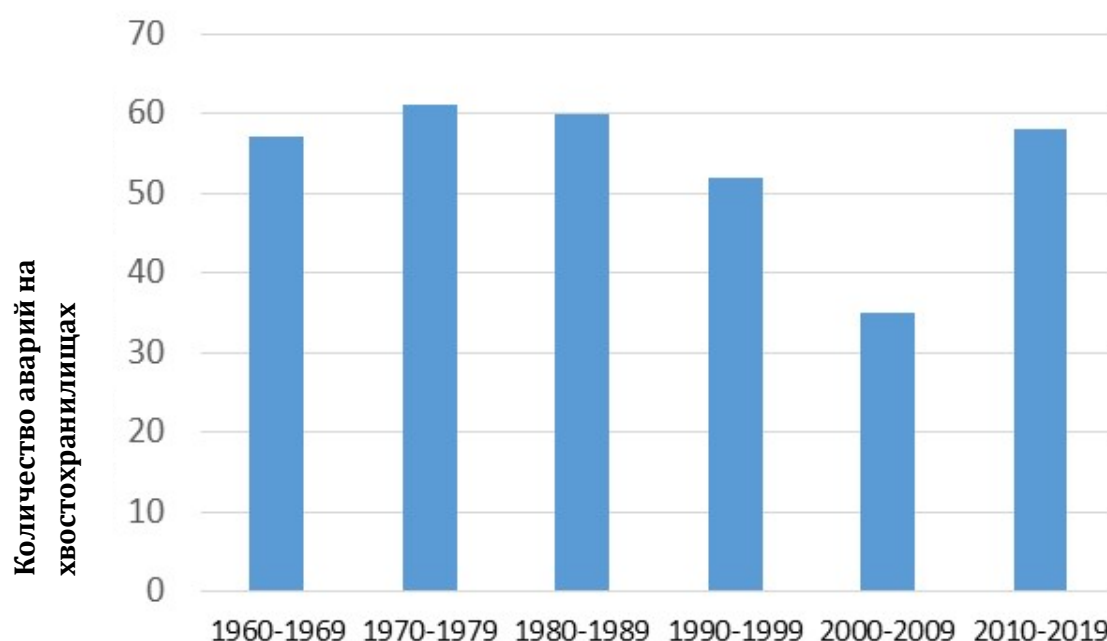
А.2 Оценка результатов

А.2.1 Количество и опасность аварийных ситуаций на хвостохранилищах

С 1915 года стали доступны записи данных о 350 аварий на хвостохранилищах произошедших в мире. Однако данные до 1960-х годов были неполны. Более того, имеется только несколько отчетов об этих авариях, потому что общее количество хвостохранилищ было небольшим, а их работа не была должным образом задокументирована. Поэтому, при оценке учитывались только аварии за последние 60 лет (Рисунок 7 и Приложение В).

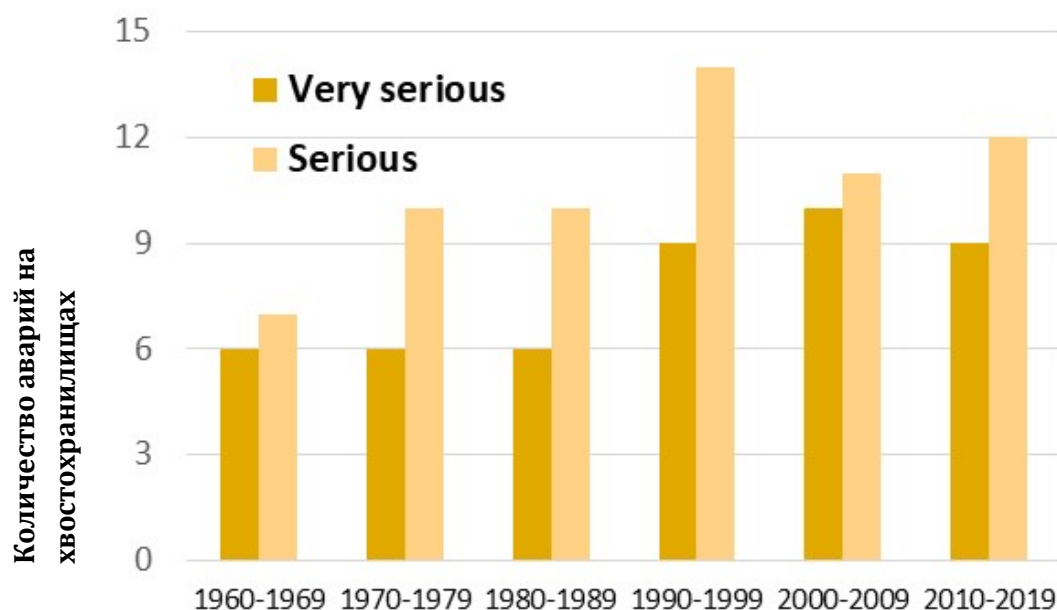
За последние 60 лет было зарегистрировано 323 несчастных случая. Количество аварий в течение первых трех десятилетий не увеличивалось, а затем и снизилось (после 1990 г.) в течение двух десятилетий (1990–1999 и 2000–2009 гг.). Предположительно, это связано с сокращением проведенных работ по добычи полезных ископаемых в период с 1990 по 2009 гг., особенно в странах бывшего Советского Союза. Однако за последнее десятилетие количество аварий вернулось к уровню 1970-х годов. Только в 2019 году произошло 7 аварий на хвостохранилищах, две из которых были очень крупными с большим количеством жертв. Тенденция аварийных ситуаций, как и самих аварий растет, поэтому необходимо принимать меры, чтобы избежать еще большего количества. Тем не менее, современные методы наблюдения и визуальная запись получили широкое распространение в последнее десятилетие, которые предоставляют убедительные доказательства и надежные данные об авариях, но эти инструменты не были доступны ранее, поэтому исторические записи могут быть неточными. Помимо этого, последствия изменения климата (увеличение частоты и интенсивности сильных дождей, гроз и внезапных паводков, быстрое таяние снега) также могут способствовать росту данной тенденции.

Рисунок 7. Количество разрушений дамбы хвостохранилища по десятилетиям с 1960 по 2019 гг.



источник: собственная иллюстрация

Распределение по категориям последствий от аварий на хвостохранилищах - сложное и в некоторой степени субъективная задача. Также четко не определена грань между серьезной ошибкой и неудачей. Bowker and Chambers (2015) определили опасные аварии как «выброс более 100000 м³ и / или гибель людей», а очень опасные аварии как «выброс не менее 1 млн м³ и / или выброс, который прошел 20 км. или более и / или множественных смертей». Оба типа демонстрируют тенденцию к росту с 1990-х годов (см. Рисунок 8).

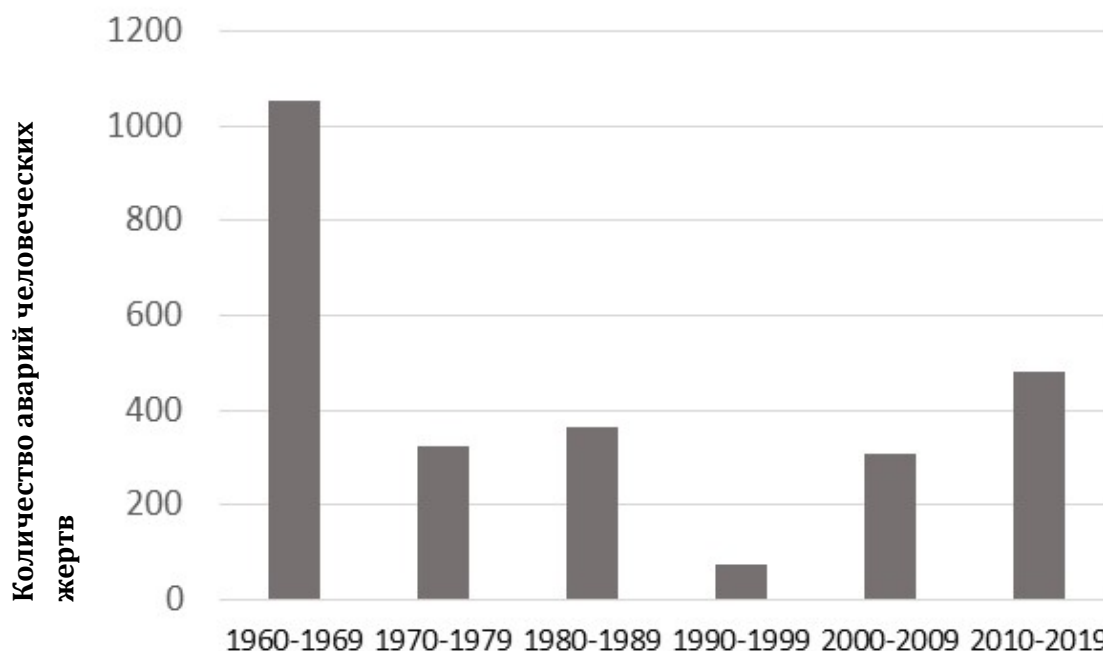
Рисунок 8. Количество серьезных аварий на хвостохранилищах 1960 – 2019 гг.

источник: собственная иллюстрация

За последние 60 лет было зарегистрировано 2 599 смертей в результате 323 аварий на хвостохранилищах (Рисунок 9 и Приложение В). Цифры показывают, что количество потерь человеческих жизней за последние 20 лет значительно увеличилось. За последние 10 лет в результате 13 аварий на хвостохранилищах погибло 480 человек. Только в 2019 году 327 человек погибли или пропали без вести из-за двух аварий (обрушение дамбы в Брумадинью, Бразилия: 259 человек погибли и 11 пропали без вести; катастрофа в Хпаканте, штат Качин, Мьянма: 3 рабочих погибли и 54 рабочих пропали без вести. см. приложение А). Цифра данных о человеческих жертвах сопоставима с выводом Сантамарина и соавт. (2019), показывая почти 3000 смертей за последние 100 лет.

Гибель людей из-за обрушения дамбы хвостохранилища в течение многих десятилетий оставалась в пределах 300-400 (с 1990 по 1999 год наблюдается значительное снижение). С 1960 по 1969 год было зарегистрировано большое число погибших из-за некоторых очень серьезных аварий, таких как авария на шахте Мир, Сгориград, Болгария в 1966 году, когда была разрушена половина села Згориград, в результате чего погибло 488 человек (WISE, 2020).

Рисунок 9. Отчет о количестве человеческих жертв в результате разрушения дамбы хвостохранилища в период 1960 – 2019 гг.



источник: собственная иллюстрация

Были проанализированы количество несчастных случаев и пострадавших, показатель аварийных ситуаций повлекшие за собой значительное количество жертв, связанных с авариями со смертельным исходом (количество смертей на общее количество аварий). Результаты этой оценки представлены в таблице 16.

За период исследования 49 аварий из общего количества (323 аварий хвостохранилищ) - 15%, закончились смертельным исходом и привели почти к 2600 жертвам (экологический ущерб и затраты не учитываются). Важно отметить, что количество несчастных случаев со смертельным исходом за последние 10 лет значительно увеличилось по сравнению с предыдущими десятилетиями. Более того, в то время как количество аварий на хвостохранилищах с человеческими жертвами в течение 40 лет (с 1960 по 1999 год) оставалось практически неизменным и составляло в среднем 13%, за последние 20 лет количество несчастных случаев со смертельным исходом стало расти. И за последние два десятилетия их количество достигло 22%. Причинами этого могут "возраст" хвостохранилищ, неадекватное планирование землепользования и городских территорий, а также последствия изменения климата.

Таблица 16. Исторический анализ аварий на хвостохранилищах.

Декада	Количество аварий	Кол-во аварий с жертвами	Кол-во смертей	Частота аварий (%)	С трагическим исходом (все аварии) ¹	Случаи со смертельным исходом ²
1960-1969	57	9	1054	15.8	18	117

Декада	Количество аварий	Кол-во аварий с жертвами	Кол-во смертей	Частота аварий (%)	С трагическим исходом (все аварии) ¹	Случаи со смертельным исходом ²
1970-1979	61	9	322	14.8	5	36
1980-1989	60	6	365	10.0	6	61
1990-1999	52	6	72	11.5	1	12
2000-2009	35	6	306	17.1	9	51
2010-2019	58	13	480	22.4	8	37
Общее (1960-2019)	323	49	2599	15.2	8	53

¹ общее количество несчастных случаев

² общее количество несчастных случаев с жертвами

В таблице 17 представлены статистические данные по «традиционным» опасным отраслям («площадки Севезо») для Германии за 2010-2019 гг. (UBA, 2020b) в сравнении с данными об авариях на хвостохранилищах за тот же период. Несмотря на то, что общее количество аварий на обычных опасных объектах в 4 раза выше, чем на хвостохранилищах, количество погибших было более чем в 50 раз ниже. Соответственно, удельные потери ресурса на два порядка выше для аварий на хвостохранилищах. Следует отметить, что никакой детальной информации по странам ЕС, кроме Германии, не было, поэтому эти результаты следует интерпретировать с осторожностью, и сравнение не является показательными. Принимая во внимание, что Германия является развитой индустриальной страной, где меры безопасности соответствуют высоким стандартам, различия могут быть менее значительными в сравнении с данными на уровне ЕС.

Таблица 17. “Площадка Севезо” аварии в Германии и аварии на хвостохранилищах последнюю декаду (2010-2019).

Декада	Аварии	Кол-во аварий с жертвами	Кол-во смертей	Частота аварий (%)	С трагическим исходом(все аварии) ¹	Случаи со смертельным исходом ²
Севезо	231	16	9	6.9	0.04	0.6
Хвостохранилище	58	9	480	22.4	8	37

¹ общее количество несчастных случаев

² общее количество несчастных случаев с жертвами

Данные в таблице ясно демонстрируют необходимость повышения уровня безопасности хвостохранилищ. Принятие дополнительных чрезвычайных мер на хвостохранилищах, в соответствии с международными стандартами безопасности, поможет и минимизирует

риски от неблагоприятного воздействия аварий. Также даст возможность избежать последствия в виде человеческих жертв и серьезных воздействий на окружающую среду.

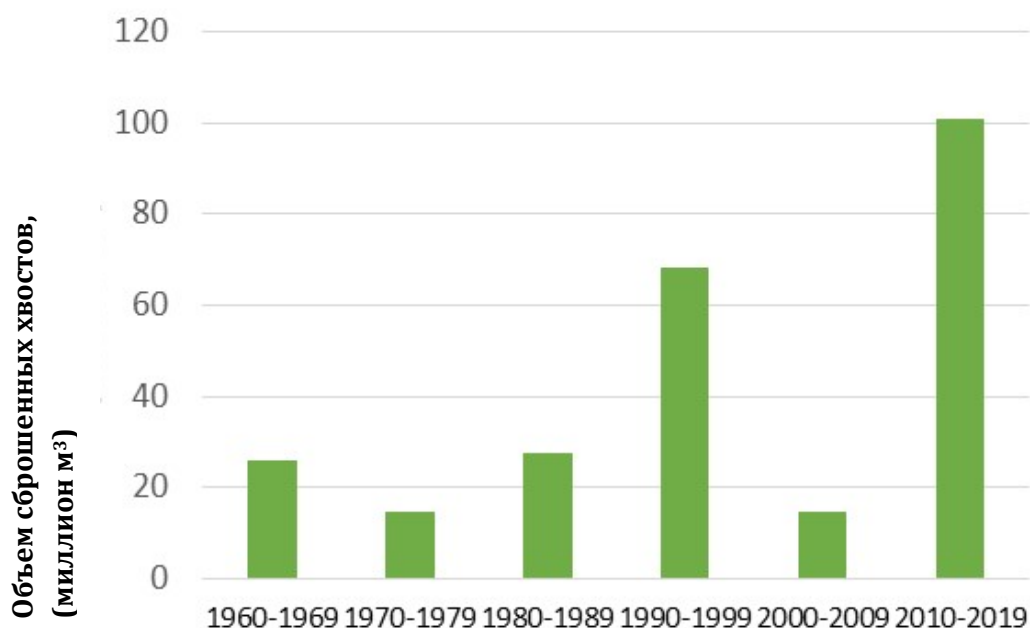
В настоящее время аспекты планирования землепользования, такие как население, природные ресурсы и наследие, а также социально-экономические блага в непосредственной близости от хвостохранилища, которые могут быть потенциально затронуты в случае аварии, также должны быть главными вопросами, которые следует учитывать.

Анализируя исторические метрические показатели горнодобывающей промышленности, такие как производственные затраты и цены на различные металлы, Bowker and Chambers (2015) разработали корреляцию между этими показателями и значимости аварий, что позволило спрогнозировать будущие вероятные аварии. В результате этого можно предположить, что, если текущий показатель добычи, «обусловленный постоянным снижением содержания в выявленных ресурсах и постоянным падением реальных цен на большинство металлов», продолжится, вызывающие опасения аварии дамб хвостохранилищ также будут продолжать расти в результате ограниченных финансовых и человеческих ресурсов. Несмотря на строгие правила во многих странах, существует ряд «старых» хвостохранилищ с низким уровнем мер безопасности.

A.2.2 Опубликованные данные

Результаты исследований, связанных с авариями на хвостохранилищах, проведенные Rico et al. (2008b) и Concha Larrauri et al. (2018) показывают, что статистический анализ также может быть проведен как для объема выброшенных хвостовых материалов, так и для измеряемого расстояния ниже по течению, на которое могут распространяться сброшенные хвосты.

Если посмотреть на последние 60 лет, то в результате 323 аварий хвостохранилищ было сброшено в общей сложности почти 250 миллионов м³ хвостов (рисунок 10 и приложение В, обратите внимание, что только около половины аварий зарегистрировали сброс отходов, остальные либо имели минимальное количество, либо данные отсутствуют). За последние 10 лет количество сброшенных отходов значительно увеличилось, 58 разрушенных дамб хвостохранилищ привело к выбросу более 100 миллионов м³ хвостов в окружающую среду.

Рисунок 10. Общий объем сброшенных отходов с 1959 по 2019 год.

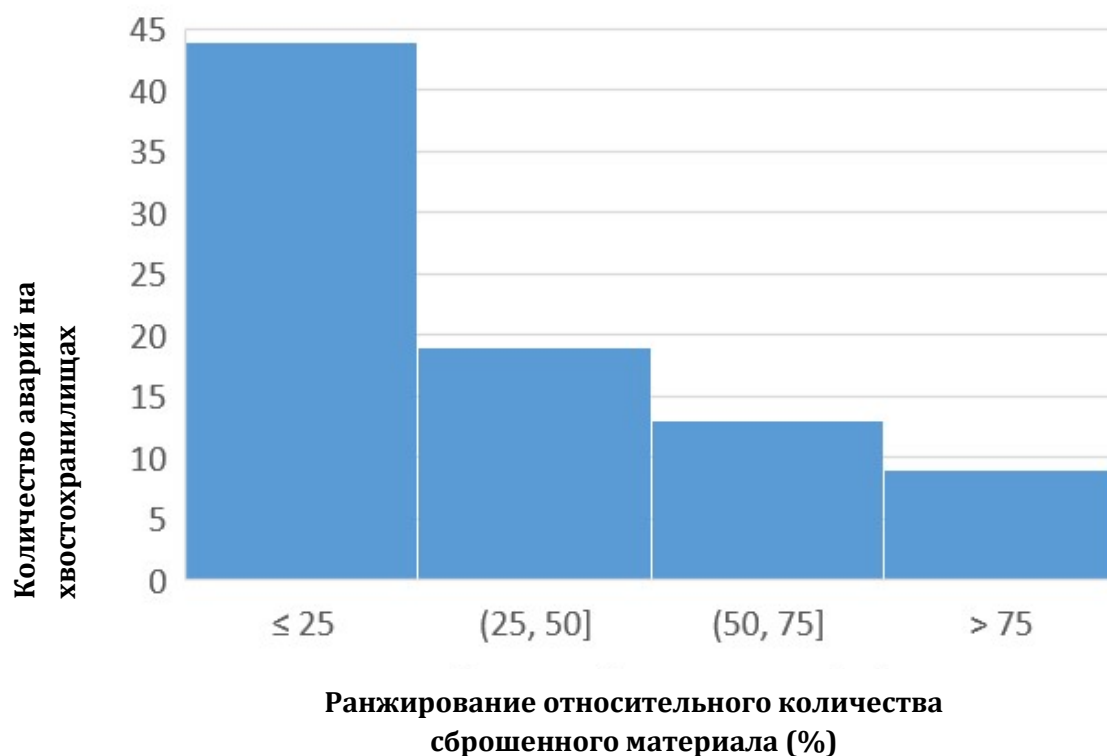
источник: собственная иллюстрация

Количество человеческих потерь может напрямую зависеть от расстояния между населенными пунктами, расположенными ниже по течению, и хвостохранилищем. Чем меньше объем распространения утечки до населенного пункта и чем выше объем выброшенных веществ, тем больше причин из-за которых могут возникнуть аварийные ситуации на хвостохранилище. Поэтому количество сброшенного материала, связанное с вместимостью хвостохранилища также дополнительно проанализировано.

Были собраны данные основываясь на 323 случая произошедших на хвостохранилище (см. Приложение В), только 85 содержали данные от общего объема разрушенных хвостохранилищ (см. Приложение С). Результаты этой оценки представлены на Рисунке 11.

В большинстве случаев (44 из 85) сброшенный объем составлял менее 25% от общей емкости хвостохранилища. Количество аварий с относительным объемом сброшенных материалов от 25 до 50% было более чем в два раза меньше (19). Количество случаев, когда объем разлива хвостов достигал 50-75% и 75-100% от общей емкости, составляло около 10 (13 и 9 соответственно).

Рисунок 11. Распределение аварий хвостохранилища по относительному количеству сброшенного материала.



источник: собственная иллюстрация

А.2.3 Расстояние распространения ниже по течению

Что касается дистанции распространения сброса, официальные данные были доступны для 91 случая (см. Приложение С). Сообщаемые значения имеют широкий диапазон от 0 до 2000 км. Согласно распределению, в большинстве случаев (60%) расстояние не превышало 10 км (см. Приложение С). Почти в 30% случаев сообщаемое расстояние транспортировки превышало 20 км, что указывает на разный объем распространения, используемые в различных официальных источниках. Некоторые источники указывают только расстояние в ближней зоне от хвостохранилища до водоприемника (полевой перенос). Некоторые другие указывают на дальнюю зону распространения хвостов, включая как полевую транспортировку, так и транспортировку в потоке. Это хорошо отражено в большом диапазоне сообщаемых данных о расстоянии (4 порядка). Почти треть расстояний транспортных маршрутов включает в себя как полевые, так и внутренние транспортные расстояния. Почти все превышают 20 км (см. Приложение С).

А.2.4 Исследования по направлению распространения

Для более точного определения дистанции прямого распространения был проведен дополнительный анализ для тех случаев, когда дистанция превышает 10 км (37 аварий). Дополнительная информация об этом была собрана из открытых источников. Более того, была проверка доступности какой-либо информации и включено ли дистанция (размеры) речного транспорта. В случае отсутствия информации возможные расстояния прямого выброса/сброса оценивались на основе местоположения хвостохранилищ и

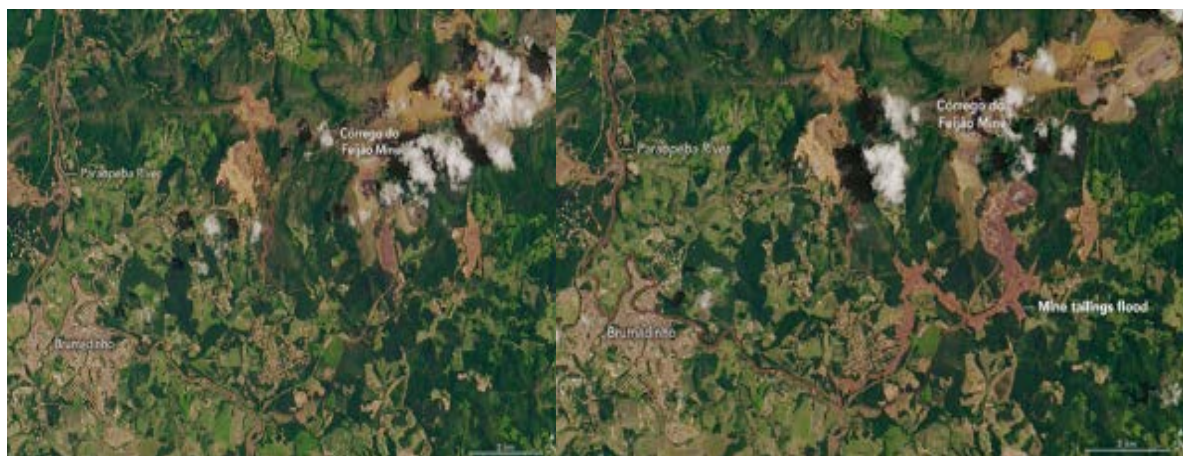
ближайших водоемов с использованием спутниковых онлайн-карт. К сожалению, по некоторым уже произошедшим авариям дополнительная информация об этом расстоянии или точном местонахождении хвостохранилища была недоступна из-за ограниченности записей данных из прошлого.

Анализ карты проводился с использованием спутниковых снимков с высоким разрешением, показывающих окрестности выбранных хвостохранилищ до и после аварий. Подробно представлены три примера.

Пример 1: Рудник Коррего-де-Фейхао, Брумадино, Минас-Жерайс, Бразилия

Согласно WISE (2020), когда случилась авария на руднике Коррего-де-Фейхао (Бразилия, 2019) волна шлама спустилась вниз по склону, а затем распространилось дальше вниз по течению реки Рио-Парапеба. Грязь сначала попала в административную зону горной добычи и небольшую территорию примерно в 1 км ниже по течению от карьера. Национальное агентство водных ресурсов заявило, что хвосты загрязнили более 500 км рек. Анализ изображений показывает, что после того, как шлейф достиг реки, расстояние распространения загрязнения составило примерно 7 км (Рисунок 12).

Рисунок 12. Территория около рудника Коррего-де-Фейхао по состоянию на 14.01.2019 (слева) и по состоянию на 30.01.2019 (справа).



© U.S. Geological Survey

Пример 2: Самарко Минеракао С.А. Фундао, Минас-Жерайс, Бразилия

Авария произошедшая на дамбе хвостохранилища Самарко Минеракао С.А. Фундао 5 ноября 2015 года привела к сбросу хвостов, которые попали вниз по течению по естественному водному пути. Конгломерат из загрязняющих веществ продолжал продвигаться дальше примерно на 650 км вдоль реки Рио-Досе и 17 дней спустя достиг побережья Атлантического океана. Однако анализ изображения аварии (Рисунок 13) показывает, что расстояние до пострадавшего основного водоема составляет менее 1 км.

Рисунок 13. Территория возле дамбы по состоянию на 21.07.2015 (слева) и 11.10.2015 (справа).



© Copernicus

Пример 3: Айка Алумина Планта, Колонтар, Венгрия

Во время стихийного бедствия возле Айки красная грязь достигла Девечер, Колонтар, Сомловашархей, Сомложен, Тюскевар, Апакаторна и Кисбержены. Было затоплено около 8 км² территории. В последующие дни красный ил загрязнил ручей Торна и долину реки Маркал, почти достигнув реки Раба. Через реки Торна, Маркаль, Раба и Мошонский рукав Дуная щелочная красная суспензия прошла около 80 километров вниз по течению и, наконец, попала в реку Дунай. Анализ изображений (Рисунок 14) показывает, что расстояние до ближайшего населенного пункта и поверхностных вод, загрязненных сброшенными хвостами, составляет около 4 км.

Рисунок 14. Территория возле хвостохранилища «Айка» по состоянию на 07.10.2010 (слева) и на 22.10.2010 (справа).



© Copernicus

Результаты анализа выбросов

Результаты оценки распространения сброса показаны в Приложении С. Для 17 из 37 случаев удалось найти дополнительную информацию или определить местонахождение

хвостохранилищ и оценить возможное расстояние. Во всех этих случаях расчетное расстояние прямого распространения намного меньше заявленного значения. Причем для 15 из них дальность выноса хвостов не превышала 10 км.

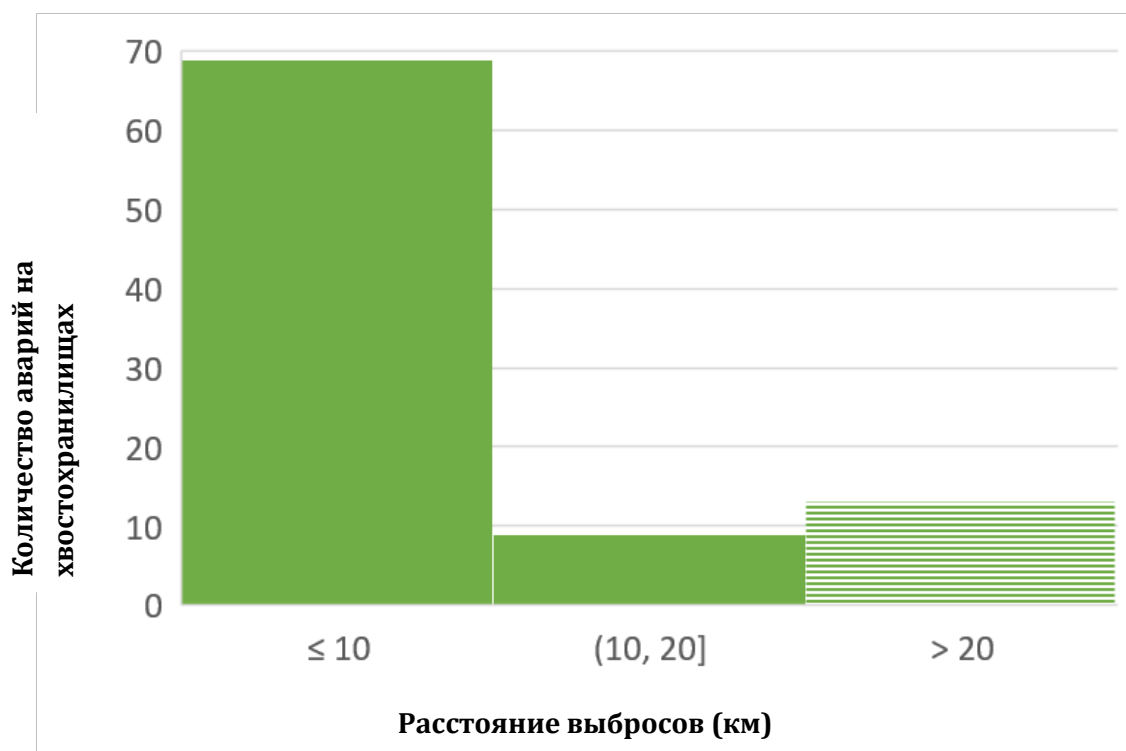
Определение зоны потенциального риска

Несмотря на то, что сообщили о больших расстояниях, значительная часть исследованных аварий показывает, что расстояние прямого сброса до реки / ближайшего населенного пункта составляет менее 10 км, если учитывать только полевой перенос.

Причина этого несоответствия заключается в том, что во многих случаях официальные документы сообщают о максимальном расстоянии, но не различают распространение по воде либо твердой поверхности. Однако, чтобы понять размеры зоны потенциального риска в непосредственной близости от хвостохранилища, где люди и ресурсы окружающей среды могут подвергаться риску, необходимо знать расстояние.

Обновив исходные данные о расстоянии выброса с результатами исследования, представленными в Приложении С, скорректированный анализ общей длины показывает, что в 69 случаях из 91 зарегистрированной аварии расстояние прямого распространения менее 10 км (см. Рисунок 15). Из оставшихся 22 случаев в 9 длина составляет от 10 до 20 км, а в 13 случаях - более 20 км. Тем не менее, для всех этих 13 аварий в потоке указан транспорт. Таким образом, расстояние прямого выброса требует дальнейшего изучения. Однако весьма вероятно, что на расстоянии 10 км разлив достигнет поверхностного водоема или распространение по суше замедлится, а выброшенные материалы останутся в поверхностных впадинах и прудах, на плоских участках, на поверхностях с растительностью или за ландшафтными объектами. Если пренебречь 13 случаями с неполной информацией, доля расстояний распространения менее 10 км составляет почти 90% (69 из 78). Это указывает на то, что расстояние в 10 км может быть подходящим порогом для определения прямой зоны риска ниже по течению от хвостохранилищ.

Рисунок 15. Распределение аварий хвостохранилища по расстоянию выбросов хвостов.



источник: собственная иллюстрация

В полосатом столбце указаны неопределенны данные

Полученные статистические данные не позволяют выделить пороговое значение выхода из-за недостатка информации и объединения зон выхода над сушей и в потоке. Тем не менее, твердым ориентиром является авария на глиноземном заводе в Айке, которая зарегистрирована и проанализирована в Европе. Судя по урону, полученному в результате этой аварии, на территории за пределами 10 км не было ни одного смертельного случая или серьезного токсического отравления (максимальная протяженность составляла 4,2 км до достижения поверхностного водоема или рельефа местности). Также не было обнаружено данных о критических повреждениях и нанесенном ущербе для здоровья населения за пределами 10-километровой зоны при других авариях на хвостохранилищах в регионе ЕЭК ООН. Поэтому и на основе результатов исследований прошлых событий было определено стандартное расстояние выброса в 10 км для оценки населения, подверженного риску регионе ЕЭК ООН. Это значение может быть другим в других регионах мира, и точные значения зависят от конкретного случая в зависимости от условий на площадке и масштабов аварии. Данные о некоторых авариях на хвостохранилищах указывают на большее расстояние, особенно если невозможно четко различить прибрежные водно-болотные угодья и наземный водосборный бассейн.

А.2.5 Резюме

1. За последние 60 лет было зарегистрировано в общей сложности более 320 несчастных случаев, в результате которых погибло почти 2600 человек. Сокращение добычи полезных ископаемых в период с 1989 по 2009 год привело к уменьшению числа

инцидентов, однако в последнее десятилетие количество аварий достигло своего пика (58 аварий).

2. Количество критических (с выбросом более 100 000 м³ и/или гибелью людей) и очень критических (с выбросом не менее 1 млн. м³ или выбросом на расстояние 20 км и более и/или множественными смертями) аварий показывает четкую тенденцию к увеличению за последние десятилетия.

3. Из 250 млн м³ хвостов, вылившихся за последние 60 лет, 40% было разлито за последнее десятилетие (100 млн м³).

4. Оценка прошлых аварий показывает, что доля расстояний прямого сброса (расстояние переноса высвободившегося поверхностного водного объекта или задержанного ландшафтными объектами или наземными преградами) менее 10 км составляет почти 90%. Это указывает на то, что расстояние в 10 км может быть подходящим порогом для установления границ зоны прямого риска ниже по течению от хвостохранилищ.

В Разрушение дамбы хвостохранилища с отчетными данными о высвобожденном объеме и емкости хранилища

No	Mine	Year	Storage volume (m ³)	Release (m ³)	Relative amount of released material (%)
1	Brumadinho, Mina Córrego do Feijão, Minas Gerais, Brazil (Vale)	2019	12,000,000	9,570,000	79.8
2	Duke Energy, HF Lee Power Plant, Goldsboro, North Carolina	2018	875,000	2,000	0.2
3	Hector Mine Pit Pond, MN, USA	2018	185,000	123,000	66.5
4	Hernic PGM Project, South Africa (Jubilee Metals Group)	2017	4,875,000	-	-
5	Kokoya mine, Liberia (MNG Gold-Liberia)	2017	300,000	11,356	3.8
6	Louyang Xiangjiang Wanji Aluminum, China	2016	2,000,000	2,000,000	100.0
7	Fundao-Santarem (Germano), Minas Gerais, Brazil (Samarco = Vale & BHP)	2015	56,400,000	43,700,000	77.5
8	Imperial Metals, Mt Polley, British Columbia, Canada	2014	74,000,000	23,600,000	31.9
9	Dan River Steam Station, North Carolina (Duke Energy)	2014	155,000,000	334,000	0.2
10	Sotkamo, Kainuu Province, Finland (Talvivaara)	2012	5,400,000	240,000	4.4
11	Padcal No 3, Benquet Philippines (Philex)	2012	102,000,000	13,000,000	12.7
12	Ajka Alumina Plant, Kolontár, Hungary (MAL Magyar Aluminum)	2010	30,000,000	1,000,000	3.3
13	Las Palmas, Penciahue, VII Region, Maule, Chile (COMINOR)	2010	220,000	170,000	77.3
14	Veta del Agua Tranque No. 5, Nogales, V Region, Valparaíso, Chile	2010	80,000	30,000	37.5
15	Karamken, Magadan Region, Russia (cyanide-leach processing facility of gold mines in the region)	2009	4,600,000	1,200,000	26.1
16	Taoshi, Linfen City, Xiangfen county, Shanxi province, China (Tahsan Mining Co.)	2008	290,000	190,000	65.5
17	Mineracao Rio Pomba Cataguases, Mirai, Minas Gerais, Brazil,	2007	3,800,000	2,000,000	52.6

No	Mine	Year	Storage volume (m ³)	Release (m ³)	Relative amount of released material (%)
	Mineração (Industrias Quimicas Cataguases)				
18	Tailings Dam, USA	2005	500,000	170,000	34.0
19	Partizansk, Primorski Krai, Russia (Dalenergo)	2004	20,000,000	160,000	0.8
20	Sasa Mine, Macedonia	2003	2,000,000	100,000	5.0
21	San Marcelino Zambales, Philippines, Bayarong dam (Benguet Corp-Dizon Copper-Silver Mines Inc)	2002	47,000,000	1,000,000	2.1
22	Cuajone mine, Torata water supply dam, Peru	2001	16,000,000	-	-
23	Aitik mine, near Gällivare, Sweden (Boliden Ltd)	2000	15,000,000	1,800,000	12.0
24	Baia Mare, Romania	2000	800,000	100,000	12.5
25	Los Frailes, near Seville, Spain (Boliden Ltd.)	1998	15,000,000	6,800,000	45.3
26	Sgurigrad, Bulgaria	1996	1,520,000	220,000	14.5
27	Laisvall (Boliden), Sweden	1996	20,000,000	-	-
28	Omai Mine, Tailings dam No 1, 2, Guyana (Cambior)	1995	5,250,000	4,200,000	80.0
29	Middle Arm, Launceston, Tasmania	1995	25,000	5,000	20.0
30	Riltec, МаИОХnna, Tasmania	1995	120,000	40,000	33.3
31	Merriespruit, near Virginia, South Africa (Harmony) - No 4A Tailings Complex	1994	7,040,000	600,000	8.5
32	Minera Sera Grande: ФДixas, Goias, Brazil	1994	2,250,000	-	-
33	Kojkovac, Montenegro	1992	3,500,000	-	-
34	Maritsa Istok 1, Bulgaria	1992	52,000,000	500,000	1.0
35	Tubu, Benguet, No.2 Tailings Pond, Luzon, Philippines - Padcal (Philex)	1992	102,000,000	32,243,000	31.6
36	Ajka Alumina Plant, Kolontár, Hungary	1991	4,500,000	43,200	1.0

No	Mine	Year	Storage volume (m ³)	Release (m ³)	Relative amount of released material (%)
37	Stancil, Maryland, USA	1989	74,000	38,000	51.4
38	Silver King, Idaho, USA	1989	37,000	100	0.3
39	Little Bay Mine (Atlantic Coast Copper Co), Little Bay, Newfoundland and Labrador, Canada	1989	1,250,000	500,000	40.0
40	Unidentified, Hernando, County, Florida, USA #2	1988	3,300,000	4,600	0.1
41	Consolidated Coal No.1, Tennessee, USA,	1988	1,000,000	250,000	25.0
42	Bekovsky, Western Siberia	1987	52,000,000	-	-
43	Story's ФДеек, Tasmania	1986	30,000	100	0.3
44	Niujiaolong tailings pond, China	1985	1,100,000	730,000	66.4
45	Bonsal, North Carolina, USA	1985	38,000	11,000	28.9
46	Prestavel Mine - Stava, North Italy, 2, 3 (Prealpi Mineraria)	1985	400,000	180,000	45.0
47	Cerro Negro No. (4 of 5)	1985	2,000,000	500,000	25.0
48	Veta de Agua No. 1, Chile	1985	700,000	280,000	40.0
49	Niujiaolong, Hunan (Shizhuyuan Non-ferrous Metals Co.)	1985	1,100,000	731,000	66.5
50	Olinghouse, Nevada, USA	1985	120,000	25,000	20.8
51	Mirolubovka, Southern Ukraine	1984	80,000,000	-	-
52	Sipalay, Phillippines, No.3 Tailings Pond (Maricalum Mining Corp)	1982	22,000,000	15,000,000	68.2
53	Balka Chuficheva, Russia	1981	27,000,000	3,500,000	13.0
54	Tyrone, New Mexico (Phelps Dodge)	1980	2,500,000	2,000,000	80.0
55	Churchrock, New Mexico, United Nuclear	1979	370,000	370,000	100.0
56	Arcturus, Zimbabwe	1978	680,000	39,000	5.7
57	Mochikoshi No. 2, Japan (2 of 2)	1978	480,000	3,000	0.6

No	Mine	Year	Storage volume (m ³)	Release (m ³)	Relative amount of released material (%)
58	Mochikoshi No. 1, Japan (1 of 2)	1978	480,000	80,000	16.7
59	Zlevoto No. 4, Yugoslavia	1976	1,000,000	300,000	30.0
60	Madjarevo, Bulgaria	1975	3,000,000	250,000	8.3
61	Mike Horse, Montana, USA (Asarco)	1975	750,000	150,000	20.0
62	Bafokeng, South Africa	1974	13,000,000	3,000,000	23.1
63	Deneen Mica Yancey County, North Carolina, USA	1974	300,000	38,000	12.7
64	Silver King, Idaho, USA	1974	37,000	13,600	36.8
65	(unidentified), Southwestern USA	1973	500,000	170,000	34.0
66	Brunita Mine, Caragena, Spain (SMM Penaroya)	1972	1,080,000	70,000	6.5
67	Buffalo ФДеек, West Virginia, USA (Pittson Coal Co.)	1972	500,000	500,000	100.0
68	Cities Service, Fort Meade, Florida, phosphate	1971	12,340,000	9,000,000	72.9
69	Mufulira, Zambia (Roan Consolidated Mines)	1970	1,000,000	68,000	6.8
70	Hokkaido, Japan	1968	300,000	90,000	30.0
71	Iwiny Tailings Dam, Poland	1967	16,000,000	4,600,000	28.8
72	Aberfan, Tip No 7, South Wales Colliery	1966	230,000	162,000	70.4
73	Mir mine, Sgurigrad, Bulgaria	1966	1,520,000	450,000	29.6
74	Gypsum Tailings Dam (Texas, USA)	1966	6,360,000	130,000	2.0
75	El Cobre Old Dam	1965	4,250,000	1,900,000	44.7
76	El Cobre New Dam	1965	350,000	350,000	100.0
77	Los Maquis No. 3	1965	43,000	21,000	48.8
78	Bellavista, Chile	1965	450,000	70,000	15.6

No	Mine	Year	Storage volume (m ³)	Release (m ³)	Relative amount of released material (%)
79	Los Maquis No. 1	1965	30,000	20,000	66.7
80	Cerro Negro No. (3 of 5)	1965	500,000	85,000	17.0
81	Castano Viejo Mine, San Juan, Argentina	1964	26,500	17,000	64.2
82	Louisville, USA	1963	910,000	667,000	73.3
83	Huogudu, Yunnan Tin Group Co., Yunnan	1962	5,420,000	3,300,000	60.9
84	Jupille, Belgium	1961	550,000	136,000	24.7
85	La Luciana, Reocín (Santander), Cantabria, Spain	1960	1,250,000	100,000	8.0

С Прорывы хвостохранилища с отчетными данными по расстоянию

No	Месторождение	Год	Заявленное расстояние в официальных источниках (км)	Включено расстояние транспортировки по воде	Расстояние потока, оцененное дополнительными исследованиями (км)
1	Nossa Senhora do Livramento, Mato Grosso, Brazil (VM Mineração e Construção, Cuiabá)	2019	2.0		
2	Cobriz mine, San Pedro de Coris district, Churcampa province, Huancavelica region, Peru (Doe Run Perú S.R.L)	2019	375.0	Y	
3	Muri, Jharkhand, India (Hindalco Industries Limited)	2019	0.2		
4	Brumadinho, Mina Córrego do Feijão, Minas Gerais, Brazil (Vale)	2019	600.0	Y	7.0
5	Cieneguita mine, Urique municipality, Chihuahua, Mexico (Minera Rio Tinto and Pan American Goldfields)	2018	26.0	Y	12.0
6	Mishor Rotem, Israel (ICL Rotem)	2017	20.0	Y	0.5
7	Highland Valley Copper, British Columbia, Canada (Teck Resources)	2017	0.0		
8	Louyang Xiangjiang Wanji Aluminum, China	2016	2.0		
9	Fundao-Santarem (Germano), Minas Gerais, Brazil (Samarco = Vale & BHP)	2015	668.0	Y	1.0
10	Yellow Giant Mine, Banks Island, British Columbia, Canada	2015	1.0		
11	Imperial Metals, Mt Polley, British Columbia, Canada	2014	7.0		
12	Obed Mountain Coal Mine Alberta, Canada	2013	180.0	Y	20.0
13	Coalmont Energy Corporation, Basin Coal Mine	2013	30.0	Y	
14	Gullbridge Mine Newfoundland	2012	0.5		
15	Ajka Alumina Plant, Kolontár, Hungary (MAL Magyar Aluminum)	2010	80.0	Y	4.2
16	Huancavelica, Peru, Unidad Minera Caudalosa Chica	2010	110.0	Y	
17	Las Palmas, Penciahue, VII Region, Maule, Chile (COMINOR)	2010	0.5		

No	Месторождение	Год	Заявленное расстояние в официальных источниках (км)	Включено расстояние транспортировки по воде	Расстояние потока, оцененное дополнительными исследованиями (км)
18	Veta del Agua Tranque No. 5, Nogales, V Region, Valparaíso, Chile	2010	0.1		
19	Kingston fossil plant, Harriman, Tennessee, USA (TVA)	2008	4.1		
20	Taoshi, Linfen City, Xiangfen county, Shanxi province, China (Tahsan Mining Co.)	2008	2.5		
21	Fonte Santa ,Freixia De Espado a Cinta, Portugal	2006	2.5		
22	Miliang, Zhen'an County, Shangluo, Shaanxi Province, China	2006	5.0	Y	
23	Tailings Dam, USA	2005	25.0	Y	
24	Captains Flat Dump No 3, Australia	2005	12.0		
25	Cerro Negro, near Santiago, Chile, (5 of 5)	2003	20.0	Y	4.6
26	Sasa Mine, Macedonia	2003	12.0		1.5
27	Sebastião das Águas Claras, Nova Lima district, Minas Gerais, Brazil	2001	8.0		
28	Inez, Martin County, Kentucky, USA (Massey Energy subsidiary Martin Co. Coal Corp)	2000	120.0	Y	
29	Aitik mine, near Gällivare, Sweden (Boliden Ltd)	2000	5.2		
30	Baia Mare, Romania	2000	2,000.0	Y	0.7
31	Surigao Del Norte Placer, Philippines (3 of 3) Manila Mining Corp	1999	12.0		0.7
32	Los Frailes, near Seville, Spain (Boliden Ltd.)	1998	41.0		1.2
33	Tranque Antiguo Planta La Cocinera, IV Region, Vallenar, Chile	1997	0.2		
34	El Porco, Bolivia (Comsur-62%, Rio Tinto-33%)	1996	300.0	Y	1.5
35	Sgurigrad, Bulgaria	1996	6.0		
36	Marcopper, Marinduque Island, Philippines (2 of 2) (Placer Dome and President Marcos)	1996	26.0	Y	8.5

No	Месторождение	Год	Заявленное расстояние в официальных источниках (км)	Включено расстояние транспортировки по воде	Расстояние потока, оцененное дополнительными исследованиями (км)
37	Omai Mine, Tailings dam No 1, 2, Guyana (Cambior)	1995	80.0	Y	3.5
38	Merriespruit, near Virginia, South Africa (Harmony) - No 4A Tailings Complex	1994	4.0		
39	Tapo Canyon, Northbridge, California	1994	0.2		
40	Ray Complex, Pinal County, Arizona, AB-BA Impoundment	1993	18.0	Y	
41	Brewer Gold Mine Jefferson South Carolina	1990	80.0	Y	1.0
42	Matachewan Mines, Kirtland Lake, Ontario	1990	168.0	Y	3.5
43	Stancil, Maryland, USA	1989	0.1		
44	Montcoal No.7, Raleigh County, West Virginia, USA	1987	80.0	Y	2.0
45	Itabirito, Minas Gerais, Brazil (Itaminos Comercio de Minerios)	1986	12.0		
46	Niujaolong tailings pond, China	1985	4.2		
47	Bonsal, North Carolina, USA	1985	0.8		
48	Prestavel Mine - Stava, North Italy, 2, 3 (Prealpi Mineraria)	1985	4.2		
49	Cerro Negro No. (4 of 5)	1985	8.0		
50	Veta de Agua No. 1, Chile	1985	5.0		
51	Niujaolong, Hunan (Shizhuyuan Non-ferrous Metals Co.)	1985	4.2		
52	Olinghouse, Nevada, USA	1985	1.5		
53	Quintette, MaĖmot, BC, Canada	1985	2.5		
54	Ages, Harlan County, Kentucky, USA	1981	163.0	Y	
55	Balka Chuficheva, Russia	1981	1.3		

No	Месторождение	Год	Заявленное расстояние в официальных источниках (км)	Включено расстояние транспортировки по воде	Расстояние потока, оцененное дополнительными исследованиями (км)
56	Tyrone, New Mexico (Phelps Dodge)	1980	8.0		
57	Churchrock, New Mexico, United Nuclear	1979	110.0	Y	
58	Arcturus, Zimbabwe	1978	0.3		
59	Mochikoshi No. 2, Japan (2 of 2)	1978	0.2		
60	Mochikoshi No. 1, Japan (1 of 2)	1978	8.0		
61	Madjarevo, Bulgaria	1975	20.0	Y	
62	Mike Horse, Montana, USA (Asarco)	1975	24.0	Y	
63	Bafokeng, South Africa	1974	45.0	Y	
64	Deneen Mica Yancey County, North Carolina, USA	1974	0.0		
65	Galena Mine, Idaho, USA (ASARCO) (2 of 2)	1974	0.6		
66	(unidentified), Southwestern USA	1973	25.0	Y	
67	Buffalo Creek, West Virginia, USA (Pittston Coal Co.)	1972	64.4	Y	
68	Cities Service, Fort Meade, Florida, phosphate	1971	120.0	Y	
69	Maggie Pye, United Kingdom, clay	1970	0.0		
70	Bilbao, Spain	1969	0.0		
71	Hokkaido, Japan	1968	0.2		
72	Iwiny Tailings Dam, Poland	1967	15.0		
73	Aberfan, Tip No 7, South Wales Colliery	1966	0.6		
74	Mir mine, Sgurigrad, Bulgaria	1966	8.0		
75	Gypsum Tailings Dam (Texas, USA)	1966	0.3		

No	Месторождение	Год	Заявленное расстояние в официальных источниках (км)	Включено расстояние транспортировки по воде	Расстояние потока, оцененное дополнительными исследованиями (км)
76	Derbyshire, United Kingdom	1966	0.1		
77	Tymawr, United Kindom #2	1965	0.7		
78	El Cobre Old Dam	1965	12.0		
79	El Cobre New Dam	1965	12.0		
80	La Patagua New Dam, Chile (La Patagua - private)	1965	5.0		
81	Los Maquis No. 3	1965	5.0		
82	Bellavista, Chile	1965	0.8		
83	Hierro Viejo, Chile	1965	1.0		
84	Cerro Negro No. (3 of 5)	1965	5.0		
85	Castano Viejo Mine, San Juan, Argentina	1964	2.2		
86	Louisville, USA	1963	0.1		
87	Huogudu, Yunnan Tin Group Co., Yunnan	1962	4.5		
88	Mines Development, Edgemont, South Dakota, USA	1962	40.0	Y	
89	Tymawr, United Kingdon #1	1961	0.7		
90	Jupille, Belgium	1961	0.6		
91	La Luciana, Reocín (Santander), Cantabria, Spain	1960	0.5		

Е Пример расчета ИОХ

Для демонстрации расчета ИОХ (см. Главу 4) был выбран хвостохранилище в Мотру. Хвостохранилище находится в Румынии, в уезде Горж. Вся информация, необходимая для расчета, представлена в Таблице 16.

Таблица 18. Общие сведения про Мотру.

Общие сведения	Значение
Широта и долгота участка (десятичный градус)	22.968167 44.780417
Объем хвостохранилища (млн м ³)	1.5
Хранимый материалы	Микроэлементы в летучей золе
Статус управления	Активный
Пиковое ускорение грунта (м / с ²)	1.12
Расположение в зоне, подверженной наводнениям, с частотой наводнения HQ-500.	Да

1ый шаг: Вместимость хвостохранилища

$$ИОХ_{Сар} = \text{Log}_{10} [1500000] = 6.2$$

2ой шаг: Токсичность

Поскольку хвостохранилище содержит микроэлементы в летучей золе, хранящиеся материалы имеют низкий класс опасности для воды (согласно классификации WHC), поэтому $ИОХ_{Токс} = 1$.

3ий шаг: Управление условиями

Так как хвостохранилище активное, поэтому $ИОХ_{Упр} = 3$.

4ый шаг: Природные условия

Хвостохранилище находится в зоне, подверженной наводнениям HQ-500, и эталонный PGA превышает 0,1 м / с², поэтому:

$$ИОХ_{Нат} = ИОХ_{Сейсм} + ИОХ_{Навод} = 1 + 1 = 2$$

5ый шаг: Дамба

Для этого хвостохранилища коэффициент безопасности не применим, поэтому $ИОХ_{Дамба} = 1$

6ой шаг: Общий ИОХ

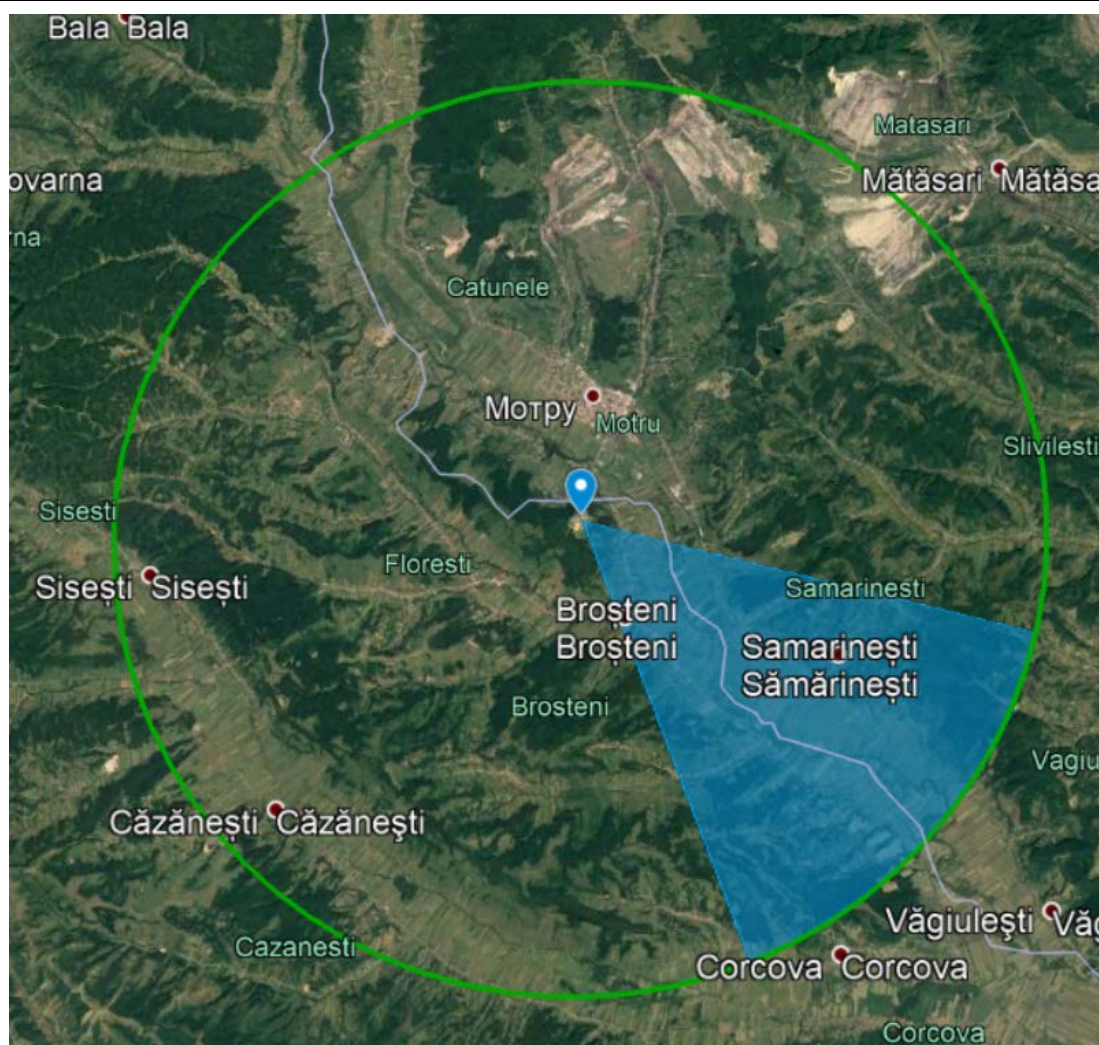
$$ИОХ = ИОХ_{Сар} + ИОХ_{Токс} + ИОХ_{Упр} + ИОХ_{Нат} + ИОХ_{Дамба} = 6.18 + 1 + 3 + 2 + 1 = 13.2$$

Г Пример расчета ИРХ

Процедура расчета ИРХ (см. Главу 5) демонстрируется на примере того же хвостохранилища в Мотру. Показаны как упрощенный (базовый), так и подробный расчет ИРХ.

Используя карты Google Earth была определена 10-километровая зона риска и территория ниже хвостохранилища Мотру (см. Рисунок 16). Населенные пункты и водные объекты, подверженные риску, определялись путем пересечения участка нижнего течения с зоной риска.

Рисунок 16. Определение зоны риска ниже от хвостохранилища в Мотру.



Зеленым кружком обозначена зона потенциального риска (с радиусом 10 км), а синей зоной показана территория ниже по течению, которая может быть потенциально затронута в зоне риска в случае аварии.

© Google

1ый шаг : Влияние на население

Населенные пункты в зоне потенциального риска (10 км ниже по течению): город Мерис с населением 2145 человек, деревни Бростени, Капатанешти, Лупса-де-Жос и Лунсоара, их общая численность составляет 1491 человек.

Общая численность населения на расстоянии 10 км составляет 3636 человек, поэтому $ИВХ_{НПР} = 4$.

2ой шаг: Влияние на окружающую среду

Ближайший водоем в зоне потенциального риска: река Мотру, средний расход $15,2 \text{ м}^3 / \text{с}$.

Речной сток до ближайшего водоема на расстоянии 10 км составляет $15,2 \text{ м}^3 / \text{с}$, поэтому $ИВХ_{Окр} = 2$.

3ий шаг: Общий ИВХ

$$ИВХ = ИВХ_{НПР} + ИВХ_{Окр} = 4 + 2 = 6$$

4ый шаг: ИРХ

$$ИРХ = ИОХ + ИВХ = 13.2 + 6 = 19.2$$