

DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection

Proceedings
of the 7th International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



Edited by
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC
Moscow
2024

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита

Труды
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

ООО «Геомаркетинг»
Москва
2024

泥石流： 灾害、风险、预测、防治

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8
ББК 26.823
С29

Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (Lomonosov Moscow State University).

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).

Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman's book on Debris Flows (Moscow: Geografgiz, 1951, p. 51).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



Увеличение рисков техногенных катастроф вследствие глобальных климатических изменений

З.Ж. Гергокова

Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, zayna.gerg@mail.ru

Аннотация. В работе анализируется мировой тренд к увеличению интенсивности масштабных аварий накопителей промышленных отходов горно-обогатительных и горнодобывающих предприятий различных стран. По данным актуальных (2021, 2022 гг.) наземных и аэровизуальных обследований гидротехнических сооружений (ГТС) хвостохранилища Тырныузского горно-обогатительного комбината (ТГОК), проводится оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций катастрофического характера. Отдельно рассматриваются объекты комплекса ГТС хвостохранилища ТГОК, состояние которых на сегодняшний день вызывает наибольшие опасения, приводятся сведения о динамике изменений их параметров. Целью проведения данного исследования, помимо определения современной, текущей обстановки на отдельных элементах комплекса ГТС хвостохранилища, является выработка основных направлений проведения мероприятий по улучшению складывающейся ситуации. На основе анализа полученных результатов даются необходимые рекомендации.

Ключевые слова: экологическая катастрофа, гидротехническое сооружение, селевой режим, хвостохранилище, сейсмическая активность, токсичные отходы, тоннель

Ссылка для цитирования: Гергокова З.Ж. Увеличение рисков техногенных катастроф вследствие глобальных климатических изменений. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 134–139.

Increased risks of man-made disasters due to global climate change

Z.Zh. Gergokova

High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, zayna.gerg@mail.ru

Abstract. The paper analyzes the global trend towards an increase in the intensity of large-scale accidents of industrial waste storage facilities of mining and processing enterprises of various countries. According to the data of current (2021, 2022) ground-based and aerovisual surveys of hydraulic structures (GTS) of the tailings storage facility of the Tyrnyauz Mining and Processing Plant (TGOC), an assessment of the risks of catastrophic emergencies is being carried out. Separately, the objects of the GTS complex of the TGOC tailings dam are considered, the condition of which, to date, causes the greatest concern, information is provided on the dynamics of changes in their parameters. The purpose of this study, in addition to determining the current, current situation on individual elements of the GTS complex of the tailings' storage facility, is to develop the main directions of measures to improve the current situation. Based on the analysis of the results obtained, the necessary recommendations are given.

Key words: environmental disaster, hydraulic engineering structure, debris flow regime, tailings dump, seismic activity, toxic waste, tunnel



Cite this article: Gergokova Z.Zh. Increased risks of man-made disasters due to global climate change. In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 134–139.

Введение

Проблема обеспечения безопасной эксплуатации и содержания хранилищ промышленных отходов горнодобывающих или горно-обогатительных предприятий, в настоящее время, чрезвычайно остро стоит во всем мире. Поскольку предметом хранения в них являются десятки миллионов тонн высокотоксичной мелкозернистой массы, даже, казалось бы, незначительные отклонения от современных стандартов промышленной безопасности в плане надлежащего содержания всего комплекса гидротехнических сооружений грозит масштабной техногенной катастрофой с чудовищными последствиями.

Поскольку большинство хвостохранилищ расположены на горных склонах, как правило, в устьях рек 2-го порядка, подобные чрезвычайные происшествия чаще всего происходят вследствие размыва или разрушения каскада, удерживающих массы отходов, дамб обвалования с образованием селевых потоков колоссальной энергетической мощности и выносом катастрофических объемов вредоносного грунта. Триггером такого развития событий, обычно, служат непредвиденное количество осадков в прилегающем водосборном бассейне или сейсмическая активность. Примерно с середины прошлого века и по настоящее время, во всем мире наблюдается увеличение количества катастроф, связанных с хвостохранилищами. Отчетливо прослеживается тенденция роста интенсивности этого рода событий как в развитых государствах – Англия, США, Япония, Австрия, Канада и т. п., так и в странах третьего мира – Мьянме, Зимбабве, Гвиане и т. п. Так, по данным [Докукин, 2020] если за последние 60 лет произошло около 120 подобных аварий, на последние 20 лет пришлось 55 из них, из которых 8 случились в 2019 г.

Количество человеческих жертв в этих случаях зачастую достигает нескольких сотен, ущерб инфраструктуре близлежащих населенных территорий исчисляется миллиардами долларов, а экологический урон окружающей среде, от миллионов кубометров токсичных отходов, которые разносятся на сотни километров водами прилегающих рек, сохраняется десятилетиями. Детальное аналитическое описание большинства из этих эпизодов приводится во многих источниках [Докукин, 2020; Запорожченко, 2019], здесь же достаточно будет упомянуть, что некоторые из них входят в перечень крупнейших экологических катастроф мира.

Краткий обзор проблемы

На сегодняшний день, в России насчитывается около 300 хвостохранилищ, из которых более 180 находятся в аварийном состоянии. В настоящий момент, крупнейшее на Северном Кавказе, заброшенное хвостохранилище Тырнаузского горно-обогатительного комбината, является едва ли не самым потенциально опасным объектом такого рода в стране. Изменившиеся, с момента проектировки сооружения, природно-климатические условия создали предпосылки к проявлению опасных русловых и склоновых процессов, ранее не наблюдавшихся в данной местности, что вкупе с плачевным, в настоящий момент, состоянием комплекса гидротехнических сооружений хвостохранилища создает реальную угрозу полномасштабной экологической катастрофы.

Методы

Материалы, представленные в данной работе, получены в результате аналитической проработки данных, полученных в ходе регулярно проводимых ФГБУ



«ВГИ» комплексных обследований хвостохранилища Тырнаузского горно-обогатительного комбината включающих в себя как наземные, так и аэровизуальные (при помощи вертолета и квадрокоптера) обследования гидротехнических сооружений хвостохранилища. Так же были широко использованы разновременные космоснимки различных специализированных сервисов по территории исследуемого объекта и архивные данные.

Данные

Хвостохранилище Тырнаузского горно-обогатительного комбината представляет собой скопление в устье реки Гижгит (приток р. Баксан), осевшей твердой фазы хвостов – отходов обогащения руды в виде мелкозернистой грунтовой массы, содержащей в себе около 30 разновидностей химических соединений, в том числе высокотоксичных, удерживаемых плотиной из каскада насыпных грунтовых дамб. Объем, намывных в период эксплуатации хвостохранилища с 1967 по 1997 гг., отходов составляет 118 млн м³. Перепад высот между нижним и верхним бьефами плотины равен 168 м., абсолютная высота верхнего гребня – 1245 м. Менее чем в 1 км ниже по противоположному, правому, борту Баксанского ущелья расположено сельское поселение Былым с площадью территории 131 км² и населением 2052 чел. (2020 г.).

Обследуемый объект имеет 1-й класс капитальности, что определяет степень ответственности сооружения как особую, авария на котором сопряжена с катастрофическими последствиями для населенных пунктов и предприятий, а также отравлением, загрязнением водоемов и водостоков питьевого назначения.

Анализ

Основной проблемой, наряду с крайней степенью запущенности инфраструктуры в целом, остается адаптация гидротехнических сооружений хвостохранилища к изменившимся природно-климатическим условиям. Так, на момент проектирования объекта институтом «Гипроникель» (г. Ленинград) и проводившихся им же в 1972 и 1989 гг. последующих обследованиях, река Гижгит (длина – 28,7 км., площадь водосбора – 158 км²), в створе русла которой было запроектировано сооружение, неоднократно отмечается в отчетах как «... не селеносная», исходя из чего и рассчитывались соответствующие водоотводные конструкции. Однако глобальный тренд к потеплению и обводненности климата в корне меняет ситуацию и в 2002, 2014 г. в русле р. Гижгит сходят мощные паводки в селевом режиме [Запорожченко, 2019]. То есть на сегодняшний день, р. Гижгит – селевой водоток! Данные обследований показывают наличие значительной массы селевых отложений 2002, 2014 г. в русле реки выше входного портала водоотводного тоннеля № 2, а также отсутствие в русле каких-либо карче удерживающих сооружений и сороудерживающей сетки на входном оголовке тоннеля, к тому же левая сторона бетонного водоприемника входного отверстия тоннеля обрушена. В случае развития негативного сценария оно мгновенно забьется карчами и грунтово-каменными массами. Проектное сечение тоннеля (2.6 × 3 м.) рассчитано на пропуск 65 м³/с, тогда как расход паводка в селевом режиме, имевшего место в 2002 г., превышал 100 м³/с [Запорожченко, 2019]. С учетом сложности обстановки и высокого уровня потенциальной опасности объекта, расчетными, по оценкам ведущих специалистов, должны приниматься расходы порядка $P_{0,1\%} = 270 \text{ м}^3/\text{с}$ и $P_{0,01\%} = 430 \text{ м}^3/\text{с}$. [Запорожченко, 2019; Запорожченко, 2004]. Перекрытие входного оголовка водоотводного тоннеля 2, неминуемо приведет к переливу воды через отсечную плотину и выходу потока в основной пруд отстойник хвостохранилища.

Внутреннее состояние водоотводного тоннеля № 2 также вызывает опасения. Подземная бетонная конструкция тоннеля общей протяженностью 3600 м уже более 30 лет не только не ремонтировалось, но и не подвергалось сколь-нибудь серьезной инспекции соответствующих структур. По данным многочисленных предыдущих



натурных обследований [Запорожченко, 2014; Запорожченко, 2015; Гегиев, 2018], вероятность проседания или разрушения с завалом тоннеля чрезвычайно высока.

С прибытием паводка возможен перелив или разрушение отсечной плотины с выходом потока в водоем-отстойник (1–1,2 млн м³). Поскольку водоотводные колодцы отстойника в настоящий момент не работают, повышение уровня воды в нем приведет к прорыву потока на пляж хвостохранилища, смыву хвостов и разрушению каскада основной плотины с образованием катастрофического селевого потока из токсичного материала складированных отходов [Глотов, 2010]. Во избежание подобного развития событий в 2003 г., по проекту «Севкавгипроводхоз» было начато строительство открытого водоотводного канала справа от тела основной плотины, которое не было завершено.

Входной оголовок аварийного открытого водоотводного канала, в настоящий момент, не имеет явно выраженной конфигурации. Здесь, на выходе с пляжа водоема-отстойника, контуры сечения канала размывы и теряются в естественных формах рельефа, т. е. поток может, минуя входной створ канала, выйти на поверхность пляжа отходов, размывая и переувлажняя складированную массу, и далее направиться к каскаду дамб, составляющих тело основной плотины, так же с последующим их размывом и разрушением самой плотины. Такой вариант развития событий обусловлен, в том числе, отсутствием участка отсечной дамбы, построенной в 2003 г. для отвода воды в случае аварийного переполнения основного водоема – отстойника, справа, при выходе на пляж хвостохранилища, обеспечивающего основательное сопряжение дамбы и русла канала.

Начало канала, около 300 м, пройдено в обвально-оползневых грунтах, что усугубило ситуацию образованием, после подрезки склона, оползневого массива в верхней части канала по его правому борту, перед автомобильной переправой. Рассчитанная, по составленному по материалам обследований 2022 г. ортофотоплану, площадь оползневого массива, развитие которого отчетливо прослеживается на разновременных космоснимках, превышает 30 000 м².

Развивающимся оползнем уже завалена значительная часть объема русла канала на протяжении около 75 м. В дальнейшем, при сходе оползня, которому может способствовать как переувлажнение грунта, в случае продолжительных или обильных осадков, так и минимальная сейсмическая активность, завал неизбежно перекроет сечение канала таким образом, что поток выйдет влево на правую оконечность каскада плотины, что в свою очередь приведет к ее размыву в этом месте.

Помимо этого, на всем протяжении водоотводного канала его русло во многих местах частично завалено грунтом и осколочными материалами пород, а высота бортов существенно различается на различных участках. Поскольку русло открытого аварийного водосброса проходит вплотную к правой оконечности основной плотины такое положение чревато выходом потока, с критическими значениями расходов, из русла канала непосредственно на каскад дамб обвалования основной плотины и их размывом с катастрофическими последствиями. Во избежание размыва плотины отводимым потоком, необходимо существенное повышение и укрепление левого борта канала, непосредственно прилегающего к телу плотины хвостохранилища, либо возведение дополнительного вала, укрепленного по современным технологиям строительства подобных ГТС, отделяющего русло канала от каскада дамб основной плотины.

Многочисленные следы высачивания фильтрационных вод в низовом откосе имеет и сам каскад основной плотины. Это свидетельствует о том, что дренажная система не работает, а гидроизоляция отсутствует, что способствует нарушению целостности поверхности основной плотины. Совокупность таких неблагоприятных фильтрационных и деформационных процессов ведет к понижению устойчивости основания плотины, что вкупе с повышением сейсмической активности в районе расположения хвостохранилища определяет нынешнюю ситуацию как крайне опасную. То есть по своим параметрам и составу, данное основное гидротехническое сооружение хвостохранилища, в настоящий момент, не соответствует современным стандартам безопасности сооружений подобного класса. Если при его проектировании расчетная



сейсмическая активность принималось 6–7 баллов с глубиной эпицентра до 10 км, то современные требования СП 14.13330.2018 предполагают в этом случае расчетное значение не менее 10 баллов при той же глубине.

Выводы

Сложившаяся, под влиянием социально-экономических факторов, тяжелая ситуация на самом горно-обогатительном предприятии и его сателлитах во многом предопределила многие сугубо технические проблемы рассматриваемого объекта. Отсутствие у хвостохранилища собственника и / или профильной курирующей организации, а также комплексного плана по реконструкции его объектов и отлаженной системы постоянного мониторинга, обеспечиваемых поддержкой на государственном уровне, ведет к постоянному увеличению вероятности экологической катастрофы.

На сегодняшний день, ситуацию, сложившуюся на хвостохранилище Тырнаузского ГОК, следует оценивать, как критическую в связи с значительным ухудшением параметров и нынешним состоянием его гидротехнических сооружений. Сравнительный анализ данных, полученных в ходе обработки материалов обследований, со всей очевидностью показывает неуклонный рост рисков катастрофического развития событий [Докукин, 2013]. С учетом последствий бразильских событий 2015 г., когда паводок, насыщенный токсичными отходами, после прорыва плотины на хвостохранилище Фундан, вышел на 650 км к Атлантическому океану и отложил отходы на пляже, следует понимать, что последствия прорыва хвостохранилища Тырнаузского ГОК могут оказаться намного тяжелее. Разрушительный эффект паводочной волны будет существенно значительнее в силу намного более густой заселенности долины реки Баксан, а экологический ущерб губительно скажется на экосистемах рек Баксан и Терек вплоть до Каспийского моря [Бортников, 2013].

В качестве необходимых мер, направленных на улучшение ситуации или предотвращение дальнейшего ее ухудшения, следует рекомендовать:

- проведение полномасштабной инспекции всех основных элементов комплекса ГТС хвостохранилища Тырнаузского ГОК, в частности состояния водоотводного тоннеля № 2;
- проведение работ по обеспечению полноценного примыкания вала отсечной дамбы к входному створу аварийного открытого водоотводного канала хвостохранилища;
- расчистку аварийного открытого водоотводного канала и проведение противооползневых мероприятий на соответствующем участке;
- проведение работ по укреплению русла водоотводного канала, исключаящих негативное воздействие отводимого потока на тело основной плотины;
- мониторинг низового откоса каскада основной плотины с целью контроля неблагоприятных фильтрационных и деформационных процессов.

Список литературы

- Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Газзеев В.М., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Шаззо Ю.К., Цуканова Л.Е., Шевченко А.В., 2013. Захороненные промышленные отходы Тырнаузского вольфрамово-молибденового комбината. Вестник Владикавказского научного центра, Том 13, № 1, с. 41–53.
- Гегиев К.А., Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж., Анахаев К.К., 2018. Экологические проблемы Тырнаузского хвостохранилища на реке Гижгит. Вестник МГСУ, Том 13, Вып. 11, с. 1386–1394, <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2018.11.1386-1394>.
- Глотов В.Е., Глотова Л.П., Бульбан А.П., Митрофанов И.Д., 2010. Хвостохранилище Карамкенского горно-металлургического комбината: инженерно-геологические проблемы и причины аварийного разрушения. Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук, № 3, с. 31–39.



- Докукин М.Д., Запорожченко Э.В., Знаменский Д.В. 2020. Хвостохранилища – объекты повышенной селевой опасности. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», с. 25–38.
- Докукин М.Д., Черноморец С.С., Сейнова И. Б., Богаченко Е.М., Савернюк Е.А., Тутубалина О.В., Дробышев В.Н., Феоктистова И.Г., Михайлов В.О., Кольчев А.Г. 2013. О селях 2011 года на северном склоне Центрального Кавказа. ГеоРиск, № 2, с. 30–40.
- Запорожченко Э.В., Докукин М.Д. 2019. Об угрозе разрушения Тырнаузского хвостохранилища на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике. ГеоРиск, Том XIII, 1: с. 72–85.
- Запорожченко Э.В., Докукин М.Д. 2019. Хвостохранилище на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике (Россия) и его проблемы. IX International scientific and technical conference “Modern problems of water management, environmental protection, architecture and construction”. Tbilisi, Georgia: pp. 301–310.
- Запорожченко Э.В., Докукин М.Д., 2019. Тырнаузское хвостохранилище – объект повышенного экологического риска. Устойчивое развитие горных территорий Кавказа. Коллективная монография. Том II. РАН, Москва: с. 224–237.
- Запорожченко Э.В., 2019. Вглядываясь в прошедшее. РИА – КМВ, 212 с.: ил. Пятигорск: с. 30–60.
- Запорожченко Э.В., 2004. Река Гижгит — источник паводковой опасности для сооружений Тырнаузского горно-обогатительного комбината (ТГОК). Вопросы повышения эффективности строительства, Сборник трудов конференции, Нальчик, 2004, Вып. 2, с. 159–169.
- Запорожченко Э.В., 2004. Новые селевые опасности у г. Тырнауза. Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования, Материалы V Международной конференции, Владикавказ, с. 269–276.
- Запорожченко Э.В., 2014. Северный Кавказ: селевые вызовы XXI века. ГеоРиск, № 3, с. 42–57.
- Запорожченко Э.В., 2015. Тырнаузское хвостохранилище на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республики: проблемы сохранности, устойчивости и экологической безопасности. Сборник научных трудов ОАО «Севкавгипроводхоз», Вып. 21, с. 127–38.