НАУЧНАЯ СТАТЬЯ
УДК: 55.551.5:556
DOI 10.46698/VNC.2024.22.39.001

З.Ж. Гергокова

Проблема адаптации объектов техногенного риска к глобальным изменениям климата

Зайна Жамаловна Гергокова
Высокогорный геофизический институт, научный сотрудник лаборатории геоэкологического мониторинга отдела экологических исследований, Россия, Нальчик, zayna.gerg@mail.ru

Аннотация. *Цель проведения данного исследования – оценка текущего состояния гидротехнических сооружений (ГТС) хвостохранилища Тырныаузского горно-обогатительного комбината (ТГОК) на фоне активизации опасных склоновых и русловых процессов реки Гижгит, в русле которой запроектировано сооружение. В работе определены основные направления проведения мероприятий по улучшению складывающейся ситуации, на основе анализа полученных результатов даются необходимые рекомендации.*

Ключевые слова: *гидротехническое сооружение, селевой режим, токсичные отходы*
Для цитирования: *Гергокова З.Ж. Проблема адаптации объектов техногенного риска к глобальным изменениям климата // Вестник Владикавказского научного центра РАН. 2024. Том 24. № 3. С. 64–67. DOI 10.46698/VNC.2024.22.39.001.*

The problem of adaptation of man-made high-risk facilities to global climate change

Zayna J. Gergokova
High-mountain geophysical institute, Department of Environmental Research, Laboratory of geoecological monitoring, Scientific Researcher, Russia, Nalchik, zayna.gerg@mail.ru

Abstract. *The purpose of this study is to assess the current state of hydraulic structures (GTS) of the tailings dam of the Tyrnyauz Mining and Processing Plant (TGOC) against the background of activation of dangerous slope and channel processes of the Gizhgit River, in the channel of which the structure is designed. The paper identifies the main directions of measures to improve the current situation, and based on the analysis of the results obtained, the necessary recommendations are given.*

Keywords: *hydraulic engineering structure, mudflow regime, toxic waste*
For citation: *Gergokova Z.J. The problem of adaptation of man-made high-risk facilities to global climate change // Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center. 2024. Vol. 24. № 3. P. 64–67. DOI 10.46698/VNC.2024.22.39.001.*

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасной эксплуатации и содержания хранилищ промышленных отходов горнодобывающих или горно-обогатительных предприятий в настоящее время является острой проблемой 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 грозят масштабной техногенной катастрофой с чудовищными последствиями.

Большинство хвостохранилищ расположены на горных склонах, как правило, в устьях рек 2-го порядка, поэтому подобные чрезвычайные происшествия чаще всего происходят вследствие размыва или разрушения каскада, удерживающего 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 – Англии, США, Японии, Австрии, Канаде и т. п., так и в странах третьего мира – Мьянме, Зимбабве, Гвиане и т. п. Так, по данным [1], 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.

Человеческие жертвы в этих случаях зачастую исчисляются несколькими сотнями, ущерб инфраструктуре близлежащих населенных территорий – 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 [1, 2], здесь же достаточно будет упомянуть, что некоторые из них входят в перечень крупнейших экологических катастроф мира.

В настоящий момент крупнейшее на Северном Кавказе заброшенное хвостохранилище Тырныаузского 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

В данной работе представлены материалы, полученные в результате аналитической проработки данных регулярно проводимых ФГБУ «ВГИ» комплексных обследований хвостохранилища Тырныаузского горно-обогатительного комбината, включающих в себя как наземные, так и аэровизуальные (при помощи вертолета и квадрокоптера) обследования гидротехнических сооружений хвостохранилища. Также были широко использованы разновременные космоснимки различных специализированных сервисов на территории исследуемого объекта и архивные данные.

Данные. Комплекс хвостохранилища Тырныаузского 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 намытых в период эксплуатации хвостохранилища с 1967 по 1997 гг. отходов составляет 118 млн м^3. Перепад высот между нижним и верхним бьефами плотины равен 168 м, абсолютная высота верхнего гребня – 1 245 м. Менее чем в километре, ниже по противоположному, правому, борту Баксанского ущелья расположено сельское поселение Былым с площадью территории 131 км^2 и населением 2 052 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. Главной 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 обследований река Гижгит (длина – 28,7 км, площадь водосбора – 158 км^2), 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 годах в русле р. Гижгит сходят мощные паводки в селевом режиме [3]. То есть на сегодняшний день р. Гижгит – селевой водоток! Данные обследований показывают наличие значительной массы селевых отложений 2002, 2014 годов в русле реки выше входного портала водоотводного тоннеля № 2, а также отсутствие в русле каких-либо карчеудерживающих 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 м^3/с, тогда как расход паводка в селевом режиме, имевшего место в 2002 г., превышал 100 м^3/с [4]. С учетом сложности обстановки и высокого уровня потенциальной опасности объекта, расчетными, по оценкам ведущих специалистов, должны приниматься расходы порядка $P_{0,1\%}$ = 270 м^3/с и $P_{0,01\%}$ = 430 м^3/с. [5, 6]. Перекрытие входного оголовка водоотводного тоннеля № 2 неминуемо приведет к переливу воды через отсечную плотину и выходу потока в основной пруд-отстойник хвостохранилища.

Состояние водоотводного тоннеля № 2 также вызывает опасения. Подземная бетонная конструкция тоннеля общей протяженностью 3 600 м уже более 30 лет не только не ремонтировалась, но и не подвергалась сколь-нибудь серьезной инспекции соответствующих структур. По данным многочисленных предыдущих натурных обследований [7–9], вероятность проседания или разрушения с завалом тоннеля чрезвычайно высока.

При увеличении паводка возможен перелив или разрушение отсечной плотины с выходом потока в водоем-отстойник (1–1,2 млн м^3). 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 [10]. 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.

Оголовок аварийного открытого водоотводного канала в настоящий момент не имеет явно выраженной конфигурации. Здесь, на выходе с пляжа водоема-отстойника, контуры сечения канала размыты 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, также 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.

Входная часть канала, около 300 м, пройдена 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 м^2. 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.

Также на всем протяжении водоотводного канала его русло во многих местах частично завалено грунтом и осколочными материалами пород, а высота бортов существенно разнится 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, отделяющего русло канала от каскада дамб основной плотины, укрепленного по современным технологиям строительства подобных ГТС.

Следы просачивания 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 принималась 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

Тяжелая ситуация на самом горно-обогатительном предприятии и его сателлитах, сложившаяся под влиянием социально-экономических факторов, 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.

В настоящий момент ситуацию, сложившуюся на хвостохранилище Тырныаузского 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 [11]. С учетом последствий бразильских событий 2015 года, 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 Тырныаузского 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 [12].

Перечень необходимых мер, направленных на улучшение ситуации или предотвращение дальнейшего ее ухудшения, составляет:

- полномасштабная инспекция всех основных элементов комплекса ГТС хвостохранилища Тырныаузского ГОК, в частности состояния водоотводного тоннеля № 2;

- обеспечение полноценного примыкания вала отсечной дамбы к входному створу аварийного открытого водоотводного канала хвостохранилища;
- проведение расчистки аварийного открытого водоотводного канала и противооползневых мероприятий на соответствующем участке;
- укрепление русла водоотводного канала, исключающее негативное воздействие отводимого потока на тело основной плотины;
- постоянный мониторинг низового откоса каскада основной плотины с целью контроля неблагоприятных фильтрационных и деформационных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докукин М.Д., Запорожченко Э.В., Знаменский Д.В. 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», 2020. С. 25–38.

2. Запорожченко Э.В., Докукин М.Д. Об угрозе разрушения Тырныаузского хвостохранилища на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике. Геориск. Том XIII. № 1: 2019. С. 72–85.

3. Запорожченко Э.В., Докукин М.Д. Хвостохранилище на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республике (Россия) и его проблемы. IX International scientific and technical conference “Moderin problems of water management, environmental protection, architecture and construction”. Tbilisi, Georgia: 2019. Pp. 301–310.

4. Запорожченко Э.В., Докукин М.Д. Тырныаузское хвостохранилище – объект повышенного экологического риска. Устойчивое развитие горных территорий Кавказа. Коллективная монография. Том II. – Москва: РАН, 2019. С. 224–237.

5. Запорожченко Э.В. Вглядываясь в прошедшее. – Пятигорск: РИА – КМВ, 2019. С. 30–60.

6. Запорожченко Э.В. Новые селевые опасности у г. Тырныауза. Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования. Материалы V Международной конференции. – Владикавказ, 2004. С. 269–276.

7. Запорожченко Э.В. Северный Кавказ: селевые вызовы XXI века. Геориск. № 3, 2014. С. 42–57.

8. Запорожченко Э.В. Тырныаузское хвостохранилище на р. Гижгит в Кабардино-Балкарской Республики: проблемы сохранности, устойчивости и экологической безопасности // Сборник научных трудов ОАО «Севкавгипроводхоз». Вып. 21. 2015. С. 127–38.

9. Гегиев К.А., Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж., Анахаев К.К. Экологические проблемы Тырныаузского хвостохранилища на реке Гижгит // Вестник МГСУ. Том 13. Вып. 11. 2018. С. 1386–1394.

10. Глотов В.Е., Глотова Л.П., Бульбан А.П., Митрофанов И.Д. Хвостохранилище Карамкенского горнометаллургического комбината: инженерно-геологические проблемы и причины аварийного разрушения // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. № 3. 2010. С. 31–39.

11. 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., Колычев А.Г. О селях 2011 года на северном склоне Центрального Кавказа // Геориск. № 2. 2013. С. 30–40.

12. 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. Захороненные промышленные отходы Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината // Вестник Владикавказского научного центра. Том 13. № 1. 2013. С. 41–53.

REFERENCES

1. Dokukin M.D., Zaporozhchenko E.V., Znamenskiy D.V. Khvostokhranilishcha – obekty povyshennoy selevoy opasnosti. V sb.: Selevye potoki: katastrofy, risk, prognoz, zashchita. Trudy 6-y Mezhdunarodnoy konferentsii (Dushanbe–Khorog, Tadzhikistan). Tom 1. Otv. red. S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva. – Dushanbe: OOO «Promoushn», 2020. S. 25–38.

2. Zaporozhchenko E.V., Dokukin M.D. Ob ugroze razrusheniya Tyrnyauzskogo khvostokhranilishcha na r. Gizhgit v Kabardino-Balkarskoy Respublike. Georisk. Tom XIII. № 1: 2019. S. 72–85.

3. Zaporozhchenko E.V., Dokukin M.D. Khvostokhranilishche na r. Gizhgit v Kabardino-Balkarskoy Respublike (Rossiya) i ego problemy. IX International scientific and technical conference “Moderin problems of water management, environmental protection, architecture and construction”. Tbilisi, Georgia: 2019. Pp. 301–310.

4. Zaporozhchenko E.V., Dokukin M.D. Tyrnyauzskoe khvostokhranilishche – obekt povyshennogo ekologicheskogo riska. Ustoychivoe razvitie gornykh territoriy Kavkaza. Kollektivnaya monografiya. Tom II. – Moskva: RAN, 2019. S. 224–237.

5. Zaporozhchenko E.V. Vglyadyvayas v proshedshee. – Pyatigorsk: RIA – KMV, 2019. S. 30–60.

6. Zaporozhchenko E.V. Novye selevye opasnosti u g. Tyrnyauza. Ustoychivoe razvitie gornykh territoriy: problemy i perspektivy integratsii nauki i obrazovaniya. Materialy V Mezhdunarodnoy konferentsii. – Vladikavkaz, 2004. S. 269–276.

7. Zaporozhchenko E.V. Severnyy Kavkaz: selevye vyzovy XXI veka. Georisk. № 3, 2014. S. 42–57.

8. Zaporozhchenko E.V. Tyrnyauzskoe khvostokhranilishche na r. Gizhgit v Kabardino-Balkarskoy Respubliki: problemy sokhrannosti, ustoychivosti i ekologicheskoy bezopasnosti // Sbornik nauchnykh trudov OAO «Sevkavgiprovodkhoz». Vyp. 21. 2015. S. 127–38.

9. Gegiev K.A., Sherkhov A.Kh., Gergokova Z.Zh., Anakhaev K.K. Ekologicheskie problemy Tyrnyauzskogo khvostokhranilishcha na reke Gizhgit // Vestnik MGSU. Tom 13. Vyp. 11. 2018. S. 1386–1394.

10. Glotov V.E., Glotova L.P., Bulban A.P., Mitrofanov I.D. Khvostokhranilishche Karamkenskogo gornometallurgicheskogo kombinata: inzhenerno-geologicheskie problemy i prichiny avariynogo razrusheniya // Vestnik Dalnevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. № 3. 2010. S. 31–39.

11. Dokukin M.D., Chernomorets S.S., Seynova I. B., Bogachenko E.M., Savernyuk E.A., Tutubalina O.V., Drobyshev V.N., Feoktistova I.G., Mikhaylov V.O., Kolychev A.G. O selyakh 2011 goda na severnom sklone Tsentralnogo Kavkaza // Georisk. № 2. 2013. S. 30–40.

12. Bortnikov N.S., Bogatikov O.A., Karamurzov B.S., Gurbanov A.G., Gazzeev V.M., Dokuchaev A.Ya., Leksin A.B., Shazzo Yu.K., Tsukanova L.E., Shevchenko A.V. Zakhoronennye promyshlennye otkhody Tyrnyauzskogo volframovo-molibdenovogo kombinata // Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra. Tom 13. № 1. 2013. S. 41–53.