



Эффективность селезащитных мероприятий в пределах Краснополянского горнолыжного кластера города Сочи (Западный Кавказ)

К.Г. Самаркин-Джарский, Е.В. Дзаганя

ООО «Инжзащита», Сочи, Россия, samarkin@bk.ru, krylenka@gmail.com

Аннотация. Начиная с 2007 г. началось интенсивное антропогенное освоение лесных и альпийских горных склонов Краснополянского горнолыжного кластера города Сочи. В связи со строительством рекреационных и инфраструктурных объектов значительно возросла опасность схода селевых потоков. Обеспечение безопасности территории от воздействия опасных природных процессов стало актуальной задачей как при строительстве, так и в период эксплуатации. К XXII Олимпийским зимним играм была создана комплексная инженерная защита территории от опасных природных процессов, в том числе и селезащита на притоках рек Мзымта и Псоу. Цель настоящей работы имеет прикладной характер и заключается в обобщении полученного опыта масштабного вмешательства в горные ландшафты. Для достижения цели работы рассмотрены примененные в Краснополянском горном кластере методы селезащиты, выбраны критерии оценки оптимальных вариантов инженерной защиты, описаны произошедшие в постолимпийский период селевые проявления, выполнен анализ защищенности территории от селевых потоков, даны рекомендации по совершенствованию системы инженерной защиты.

Ключевые слова: селевой поток, селевой конус выноса, активные методы защиты, селеспуск, противоселевой барьер, эффективность

Ссылка для цитирования: Самаркин-Джарский К.Г., Дзаганя Е.В. Эффективность селезащитных мероприятий в пределах Краснополянского горнолыжного кластера города Сочи (Западный Кавказ). 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. 517–528.

Effectiveness of debris flow protection measures within the mountain ski cluster of Krasnaya Polyana of Sochi (West Caucasus)

K.G. Samarkin-Dzharskiy, E.V. Dzaganii

LLC “Inzhzashchita”, Sochi, Russia, samarkin@bk.ru, krylenka@gmail.com

Abstract. The forest and alpine mountain slopes of Krasnaya Polyana ski resort cluster of Sochi have been heavily developed since 2007. The construction of recreation and infrastructure facilities has increased the risk of debris flows. Provision of the area security from the impact of hazardous natural processes has become a high priority objective both during construction and operation periods. A complex engineering protection of the area from hazardous natural processes was developed for the XXII Winter Olympic Games, which included debris flows protection of the confluents of the Mzymta and the Psou rivers.

This paper has an applied character and its goal is to generalize the acquired experience of a large-scale interference into mountain landscapes. The following activities have been performed in order to complete this work: examination of the methods of debris flows protection applied in Krasnaya Polyana mountain cluster; definition of criterias for assessment of optimal options of debris flows protection; description of mudflow manifestations occurred during post-Olympic period; analyses of the debris flows security

rate of the area; development of recommendations on improvement of the engineering protection system.

Key words: *debris flow, debris flow cone, active protection methods, debris-flow chute, anti-debris barrier, efficiency*

Cite this article: Samarkin-Dzharskiy K.G., Dzaganii E.V. Effectiveness of debris flow protection measures within the mountain ski cluster of Krasnaya Polyana of Sochi (West Caucasus). In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe-Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: "Promotion" LLC, 2020, p. 517–528.

Введение

Целью настоящей работы является определение оптимальных решений для защиты от селевых потоков в Краснополянском горном кластере города Сочи, расположенного на Черноморском побережье Западного Кавказа.

Основные задачи исследования: сбор, обобщение и анализ опыта строительства и эксплуатации существующих объектов инженерной защиты с учетом, долговечности, надежности защиты от селевой опасности, сложности и стоимости технологических решений, экономического и экологического эффектов при их реализации, применительно к природным условиям причерноморского региона Западного Кавказа.

Масштабное строительство горнолыжных курортов в поселке Красная Поляна Адлерского района города Сочи началось в 2007 году и продолжается до настоящего времени. Исследуемый район относится к среднему течению рек Мзымта и Псоу, охватывает хребты Аибга, Псехако, Аишхо. Краснополянский поселковый округ включает поселок городского типа Красная Поляна; село Медовеевка; село Кепша; село Чвижепсе; село Эстосадок. Отметим, что застройка объектами горнолыжных курортов продолжает продвигаться к верховьям реки Мзымта, активизируя проявления опасных экзогенных процессов.

От начала создания сооружений инженерной защиты (2007 г.) прошло более десяти лет. За это время в исследуемом районе неоднократно наблюдались случаи сходов селевых потоков, в том числе и в бассейнах, где построены сооружения инженерной защиты от селевых потоков. Оценка эффективности селезащитных сооружений в настоящей работе направлена на использование накопленного опыта строительства в исследуемом районе для его использования во избежание возможных ошибок.

Общие сведения о Краснополянском горнолыжном кластере

Краснополянский горнолыжный кластер города Сочи находится на Западном Кавказе, примерно в 40–50 км от береговой линии Черного моря, в верхнем и среднем течении долины реки Мзымта и в правобережной части верхнего и среднего течения долины реки Псоу. Он включает в себя объекты горно-туристического центра (ГТЦ) ПАО «Газпром» («Альпика-Сервис» на хребте Аибга, «Псехако» на хребте Псехако), горнолыжного центра (ГЛЦ) «Роза Хутор», горнолыжный курорт (ГЛК) «Красная Поляна» на хребте Аибга, комплекс трамплинов, трассу лыжного двоеборья и объекты инфраструктуры.

В административном отношении это территория Краснополянского поселкового округа Адлерского района города Сочи Краснодарского края России, которая включает земли населенных пунктов: поселка городского типа Красная Поляна; сел Медовеевка; Кепша; Чвижепсе; Эстосадок, а также земли Сочинского национального парка и Кавказского биосферного заповедника. Площадь округа составляет около 980 квадратных километров.

Объекты инфраструктуры Горно-туристического центра ПАО «Газпром» располагаются в долине реки Ачипсе, на плато Псехако и на хребте Аибга на высотах от

540 до 2256 метров над уровнем моря. Общая площадь территории курорта составляет около 800 гектаров. Одновременная вместимость всех отелей курорта – порядка 2000 человек. Горнолыжная инфраструктура курорта представляет собой комплекс канатных дорог и горнолыжных трасс из 13 современных канатных дорог (в том числе одна из самых протяженных канатных дорог 3S длиной более 5000 м, одна кабина которой рассчитана на перевозку 30 человек).

На курорте представлено 35 трасс различных уровней сложности: 7 трасс освещены для вечернего катания. Система искусственного снегообразования позволяет в случае необходимости существенно увеличить количество снега.

К XXII Зимним Олимпийским играм на территории курорта был построен лыжно-биатлонный комплекс «Лаура». На трассах комплекса проходили олимпийские и паралимпийские соревнования по биатлону и лыжным гонкам, этапы чемпионатов мира и России по данным видам спорта, Всемирные игры IWAS [Сайт ГТЦ «Газпром»].

В настоящее время лыжно-биатлонный комплекс «Лаура» круглый год задействован для проведения тренировок российских спортсменов. Это единственный в России лыжно-биатлонный комплекс, расположенный в среднегорье, что позволяет российским спортсменам в «домашних условиях» готовиться к международным соревнованиям, проходящим на аналогичных высотах за рубежом.

Территория самого крупного горнолыжного комплекса «Роза Хутор» охватывает примерно 1820 га северного, северо-восточного и южного склонов хребта Аибга. На курорте работают 28 канатных дорог, общая протяжённость горнолыжных трасс составляет 102 км, имеется 14 отелей, В феврале 2014 года стал местом проведения соревнований XXII зимних Олимпийских игр по горнолыжному спорту, сноуборду и фристайлу.

Сеть подъемников спортивно-туристического комплекса «Красная Поляна» представляет собой 3 ступени канатных дорог гондольного типа от стартовой площадки 540 м до отметок 960 м, 1460 м, 2200 м, а также 2 линии кресельных канатных дорог в зоны «Цирк 2» и «Цирк 3». Общая протяжённость трасс курорта: 12 км. Количество трасс: 9.

По территории проходят совмещенные железная и автомобильные дороги Адлер – «Альпика-Сервис», федеральная автодорога «Альпика-Сервис» – «Роза-Хутор», автодорога на биатлонный комплекс «Лаура», автодорога «Альпика-Сервис» - подстанция «Мзымта», объекты инженерной инфраструктуры.

Земли населенных пунктов и горнолыжных курортов подвержены сильному техногенному воздействию, при этом некоторые из курортов продолжают расширяться в направлении верховьев реки Мзымта и в долине реки Псоу. На освоенных территориях горнолыжных центров лесной покров не превышает 30%.

Характеристика условий селеобразования

Рассматриваемый район имеет сильно пересеченный рельеф. Высотные отметки меняются от 500 м над уровнем моря в пойме реки Мзымта до 3280 м (гора Агепста). В зоне действующих горнолыжных курортов высота самой высокой вершины на хребте Аибга составляет 2509,7 м (гора Каменный Столб). Наиболее крупные реки района – реки Мзымта и Псоу.

Хребет Аибга является водораздельным между рр. Мзымта и Псоу. Река Мзымта берет начало на Главном Кавказском хребте на высоте около 3000м, в районе горы Люоб из озера Верхний Кардывач, на высоте 2400 м. Она впадает в Черное море в Адлерском районе города Сочи. Общая длина реки 89 км, средний уклон 27,0‰, площадь водосбора 885 км². В бассейне насчитывается 577 рек общей длиной 1025 км. Средняя высота водосбора 1309 м [Ресурсы..., 1969]. Наиболее крупными притоками рек Мзымта являются реки Пслух, Ачипсе с притоком Лаура, Бешенка, Чвижепсе, Кепша. Долины водотоков имеют преимущественно V-образную и U-образную форму, зачастую с практически отвесными склонами.

Площадь водосбора реки Псоу 407 км², длина реки 51,6 км. Река Псоу берет начало на южном склоне хребта Аибга из родника, расположенного в 4.4 километрах к западу от горы Агепста (3261 м) на высоте 2517 м, впадает в Черное море в 7.5 км юго-восточнее устья р. Мзымта. По реке проходит государственная граница России с Абхазией. К территории Краснополянского горного кластера отнесена правобережная часть бассейна реки Псоу в верхнем и среднем течении. В пределах горного кластера имеет один относительно крупный приток - р.Безымянка (длина 7км, впадает справа).

По данным мониторингового подразделения Росгидромета «СЦГМС ЧАМ», в обозримом прошлом сели на реках Мзымта и Псоу не наблюдались.

Согласно сведениям из «Отчета по созданию комплекта специализированных карт г. Б. Сочи и прилегающей части Туапсинского района для обоснования документов территориального планирования г. Б. Сочи и объектов ФЦП «Развитие г. Б. Сочи как горноклиматического курорта (2006 2014 гг.)». ОАО «РОССТРОЙИЗЫСКИАНИЯ», ОАО «КАВКАЗГИДРОГЕОЛОГИЯ», 2007 г., на рассматриваемой территории практически в каждом из бассейнов притоков рек Мзымта и Псоу отмечались селевые процессы. Это свидетельствует о потенциальной селевой опасности всего района.

Велика вероятность прохождения селевых потоков на малых постоянных и временных водотоках, притоках этих рек, имеющих значительные уклоны русел: реки Менделиха, Сулимовская, Бзерпия, Ржаная, Бшенка, Чвежипсе, Кепша, ручьи Пограничный, Роза-Хутор, Кольценко, Буковый, Тобиас, Мостовой, 2-я Бригада, Фермерский. По объемам выносимого материала большая часть селевых потоков относится к микроселям. Более высокая пораженность территории приурочена к зонам значительного техногенного воздействия и строительства в зоне горнолыжных курортов (рис. 1).



Рис. 1. Селевой поток р. Ржаная (лев. приток р. Мзымта), возникший в результате складирования грунта на пойме, повреждает объект общественного питания. Август 2012 г. Фото Котенко Г.Э.

Fig. 1. The debris flow of the Rzhanaya River (left inflow of Mzymta river), resulting from the storage of soil on the floodplain, damages the catering facility. August 2012. Photo by Kotenko G.E.

Склоны долин более крупных водотоков расчленены на множество мелких водосборных бассейнов со спрямленными, крутыми руслами. Основную роль в питании рек играет дождевое и грунтовое питание. В весенний период и в периоды осенних оттепелей питание водотоков пополняется стоком от таяния снега. В эти периоды, когда

грунты склонов переувлажнены, селевая опасность возрастает. В год в бассейне реки Мзымта может наблюдаться до 25 паводков [Ворошилов, 1972].

Для района с перепадом высот почти 2 тысячи метров, характерна горная поясность. Большую часть территории составляют покрытые лесом горные склоны. Склоны хребта Аибга в пригребневой зоне почти отвесны и каменисты, растительный покров преимущественно отсутствует. В зимний период на крутом северном склоне за гребнем хребта Аибга формируются снежные козырьки, обрушение которых вызывает лавины, образующие скопления рыхлообломочного материала в зонах отложения.

Селезащитные сооружения Краснополянского горнолыжного кластера

Для защиты объектов и снижения возможных разрушений и потерь используются различные типы гидротехнических противоселевых сооружений, позволяющие задержать селевые выносы выше защищаемого объекта, отвести селевой поток от защищаемого объекта, пропустить его через объект, укрепить берега, сократить количество эрозионного материала в русле, обеспечить снижение силы ударного воздействия селевого потока.

Задержание селевых выносов осуществляется путем сооружения противоселевых барьеров, барражей, селезащитных плотин (дамб). Котлованы-наносоуловители практически не используются из-за узости долин, сложности строительства подъездных путей для эксплуатации сооружений и очистки накопителей.

Противоселевые барьеры, используемые в этом районе, преимущественно представляют собой однотипные сетчатые конструкции (рис. 2, 3). Ударное воздействие от селевого потока воспринимается с одной стороны гибкой сетью, с другой – кольцами-амортизаторами на канатах. Остаточные напряжения передаются на канаты и свайные упоры (бычки), а также на оттяжки и далее в коренные породы дна русла. В средней части сетки продольные канаты прикреплены к стальным стойкам, низ которых забетонирован в монолитные анкерные фундаменты, а верх прикреплен к оттяжкам, которые связаны с грунтовыми анкерами, забуренными по направлению оттяжек в коренные породы дна русла.



Рис. 2. Противоселевой барьер на ручье Мостовой (лев. приток р. Мзымта) выше железной дороги. Фото Самаркина-Джарского К.Г.

Fig. 2. The debris flows protection barrier on Mostovaya stream (left inflow of Mzymta river) above the railroad. Photo Samarkin-Dzharsky K.G.



Рис. 3. Противоселевой барьер на реке Сулимовская (лев. приток р.Мзымта) на спаде селевого паводка. 25.06.2019 г. Фото Иськова И.В.

Fig. 3. The debris flow protection barrier on the Sulimovskaya river (left inflow of Mzymta river) during the recession of the mud flood. 06.25.2019 Photo by Iskov I.V.

Запруды и селезащитные плотины предназначены для задержания выносов и больших объемов твердого стока, а также стабилизации и защиты русла. Они возведены из камня, бетона, железобетона, металла в виде глухих или решетчатых стенок, перегораживающих русло. Наносоуловители и барражи предназначены для уменьшения скорости селевого потока, вследствие оседания твердой массы (рис. 4).



Рис. 4. Вид вверх по течению на два барража на реке Сулимовской в правой части русла после селевого паводка 24.06.2019 г. Фото И.В. Иськова

Fig. 4. Upstream view of two barrages on the Sulimovskaya river in the right part of the channel after the debris flow of June 24, 2019 Photo by I.V. Iskov

Как видно из рис. 4, защитное действие барражей на реке Сулимовской неэффективно из-за недостаточной их ширины. После занесения барражей селевыми выносами грязекаменный или водокаменный поток обходит создавшееся препятствие сбоку или сверху. Т.е., необходимо большее число подобных сооружений и ширина их должна соответствовать ширине возможных селевых потоков.

Селепропускные сооружения предназначены для беспрепятственного прохождения селевых потоков у защищаемых объектов и представлены в виде бетонных лотков-быстроходов и каналов (рис. 5).

Для отвода селевого потока в сторону от объекта и его торможения возводятся бетонные селеотводящие сооружения, селеспуски, селепропускные сооружения, селенаправляющие сооружения.



Рис. 5. Селепропуск на ручье Шумихинский (приток реки Ржаная). Фото Е.В. Дзаганя

Fig. 5. The debris flow control facility on the Shumikhinsky stream (inflow of the Rzhanaya river). Photo by E.V. Dzaganii

Как правило, эти сооружения сочетаются (подстанция Лаура – ручей Тобиас), подстанция Роза-Хутор – река Сулимовская, нижняя станция лифта S –ручей Буковый, река Ржаная, ручей Шумихинский – под автодорогами. Селенаправляющие сооружения в виде стенок устраиваются вдоль берега в местах его наиболее интенсивного размыва.

При возведении селеспусков на одном уровне с защищаемым объектом их устраивают в виде канализированного русла (ручей 2-я Бригада – комплекс трамплинов).

На участке автодороги Альпика-Сервис – подстанция «Мзымта» на левобережной пойме реки Мзымта имеются галереи для защиты от микроселей-оползней.

На крутых склонах устраивают ступенчатые террасы, выполняют регулирование поверхностного стока, противоэрозионные, агролесомелиоративные мероприятия.

К наиболее селеопасным водотокам на данной территории относятся верховья и среднее течения реки Сулимовской, река Ржаная с крупным притоком ручьем Шумихинский, верховья р. Кепша.

Активизация селевых потоков происходит в зонах накопления обломочного материала в результате схода лавин, обвалов и осыпей (естественные процессы), в зонах техногенных отвалов и вырубки леса в условиях переувлажненности и изменения (концентрации) стока в результате техногенного воздействия. Также возможными селевыми очагами и очагами твердого питания селей являются участки оползнеобразования, как под воздействием природных причин, так и спровоцированные людьми.

Снеголавинные процессы в верхней части склонов хребта Аибга оказывают разрушающее воздействие на склоны и уже построенные сооружения для отвода поверхностного стока вдоль лыжных трасс и другие сооружения. Лавинные тальвеги являются одновременно природными линейными селевыми очагами, что вызывает необходимость разработки комплексной противо-лавинно-селе-эрозионной защиты.

Там, где воздействие лавин отсутствует, и системы отвода поверхностного стока соответствуют рельефу и количеству твердого и водного стока, эрозионные процессы

стабилизированы, на крутых склонах в зонах подрезки склонов и на лыжных трассах восстановлен растительный покров, близкий к естественному.

Несмотря на значительный объем выполненных мероприятий инженерной защиты, аварийные ситуации с выходом селевых потоков на селитебные территории, дороги с нанесением материального ущерба происходят ежегодно.

Наиболее часто селевые события с причинением ущерба происходят на участках автодороги Альпика-Сервис – подстанция «Мзымта» (левый приток Мзымты Салымовский и др.) и в селе Кепша. Сравнительно недавно начал осваиваться южный склон хребта Аибга. В селеопасной зоне находится рекреационные объекты курорта «Роза Хутор». При строительстве выполнены противопаводковые мероприятия без учета возросшей селевой активности при увеличении антропогенной нагрузки. Еще одним проблемным участком может стать ручей Фермерский, впадающий в реку Мзымта в районе железнодорожной станции Эсто-Садок. Водопропускные сооружения на этом водотоке не рассчитаны на селевые паводки.

За период с 2009 г. достоверно известно об одном погибшем в результате схода селя строителе в 2012 году.

Часть противоселевых сооружений полностью выполняет свое назначение и аварийных ситуаций не происходит (селепропуски на р. Ржаная и ручье Тобиас).

Оценка эффективности селезащитных сооружений

Эффективность селезащитных сооружений упрощенно может быть оценена по ряду критериев с помощью балльной системы показателей, основанных на анализе объективной информации из проектов и сведений об аварийных ситуациях.

На первом этапе оценки эффективности сооружений определяются соответствие сооружений требованиям обеспечения безопасности населения, нормативным требованиям, соответствия выбранного типа селезащитного сооружения природным и техногенным условиям, правильность выбора его местоположения с учетом степени защиты территории, объектов и населения, соответствие проекту, работоспособность при авариях, соответствие фактического срока службы проектному.

На втором этапе анализируются: стоимость строительства; возможности содержания и эксплуатации построенных сооружений в условиях горного рельефа и труднодоступности, продолжительность и стоимость эксплуатационных работ; объем и необходимое время для строительства; необходимые строительные материалы и конструкции, наличие карьеров, удаленность источников поставки материалов; потребность в трудовых ресурсах необходимой квалификации; оборудование, приборы, машины и механизмы, необходимые для строительно-монтажных работ (СМР) и эксплуатации построенных систем защиты; прогноз воздействия на окружающую среду.

Третий этап включает анализ вариантов проектных решений по технико-экономическим показателям, характеризующим экономичность как проекта в целом, так и его отдельных частей.

Ниже выполнена краткая оценка эффективности противоселевых и комплексных защитных мероприятий на двух наиболее опасных в селевом отношении участках.

1. Река Кепша - село Кепша

Река Кепша является правым притоком реки Мзымта. Впадает в реку Мзымта в 27км от ее устья (Черное море). Длина реки Кепша около 11 км, площадь водосборного бассейна – около 35км². В нижнем течении в реку Кепша впадает река Ахцу.

Село Кепша (население села около 300 человек) находится между устьевыми участками рек Ахцу и Кепша, в зоне затопления пойм этих рек. Кроме того, обычно одновременно паводок происходит и на реке Мзымта, создавая подпор рек Ахцу и Кепша и способствуя подъему уровня воды в этих притоках. Таким образом, поселок Кепша находится в зоне воздействия паводков на трех горных реках. Кроме этого, неблагоприятного фактора, река Кепша является селеопасной. Примерно в 2002 году

произошёл сход масштабного природного оползня в верховьях реки Кепша в 10 км выше по течению от села Кепша. Длина блокового оползня 0,8 км, ширина около 0,3 км, глубина заложения около 50 метров. Общая площадь селевого очага 23 га, оценочный объём 10 млн м³. Часть оползневого массива объёмом около 3 млн м³ подвижна и постепенно смещается вниз по долине, эпизодически провоцируя образование селевых паводков, последствия которых хорошо видны в русле.

Большая часть селевого материала отлагается в нижней части долины, образуя внутридолинный конус выноса – участок длительной направленной аккумуляции наносов. Это привело к повышению отметок дна по руслу в нижнем течении реки Кепша, в том числе и у села Кепша. Ситуацию усложнило техногенное вмешательство при строительстве сооружений различного назначения в прирусловой части долины на участке нижнего течения Кепши и на выходе ее в долину р. Мзымта. Сооружения препятствуют транзиту твердого стока и способствуют накоплению материала на устьевом участке протяженностью около 0,6 км.

В селе в период выдающихся водных и селевых паводков площадь затопления достигала около 8 га. В зоне затопления находятся детский сад № 117, 7 многоквартирных домов, не менее 10 частных жилых домов, инфраструктурные объекты и хозяйственные постройки.

Для защиты от затопления села Кепша отсыпана временная дамба из местного рыхлого легкоразмываемого мелкозернистого аллювия по правому берегу реки, которая не является надежной защитой населенного пункта и требует постоянного восстановления (рис. 6).



Рис. 6. Правобережная дамба для защиты села Кепша от затопления. Фото В.А. Филиппова

Fig. 6. Right-bank dam to protect the village of Kepscha from flooding. Photo by V.A. Filippov

Комплексные изыскания по изучению опасных природных процессов в целом по бассейну реки Кепша не выполнялись. По имеющимся сведениям и материалам, ситуация предварительно оценивается как опасная и с тенденцией к дальнейшему ухудшению. В условиях длительного существования нестабильных крупных оползневых массивов и возможностью появления новых, имеется высокий риск эпизодической активизации опасных природных процессов и возникновения чрезвычайных ситуаций. Решение о возможности и целесообразности выполнения инженерной защиты населенного пункта либо об отселении людей из зоны чрезвычайной ситуации до

настоящего времени не принято. Селезащитные мероприятия на этом водотоке следует признать неэффективными и неудовлетворительными.

2. Река Сулимовская²

Комплекс селезащитных мероприятий в бассейне реки Сулимовской был выполнен в 2014 году для защиты подстанции «Роза Хутор» и включал как строительство противоселевых сооружений (2 барража, 2 противоселевых барьера с технологическими дорогами, селепропуск, селенаправляющие стены), так и мероприятия на притоках реки. При неоднократном прохождении селевых потоков (2014, 2017, 2019) с объемами селевых отложений 5-40 тысяч метров кубических и площадью поражения до 30 тысяч квадратных метров подстанция не пострадала. Качество выполненных монолитных работ при возведении сооружений хорошее: толщина стен, прогибы, выгибы после прохождения селевых потоков не превышают 10–15 мм.

В то же время, при селепроявлениях были частично повреждены другие объекты, расположенные на смежных территориях: муниципальная канализационно-насосная станция, габионное двустороннее берегоукрепление реки, переходы кабельных линий, коммуникации, дорожное покрытие улицы Олимпийской, мост через ручей Сулимовский, автотранспорт, ограждения Этнографического комплекса «Моя Россия», «Комплекс сборно-разборных сооружений сезонной эксплуатации для оказания спортивно-оздоровительных услуг северо-восточнее от здания ул. Набережная Лаванда, д. 6 (левый берег реки Мзымта), повреждена система оснежения ГТЦ «Альпика Сервис» ПАО Газпром, лыжная трасса №12, система водоотведения на отметках 1500 и 1100 м ГТЦ «Альпика Сервис» ПАО Газпром, противозрозионная защита левого берега Сулимовской на отметках 680-830 метров, технологическая дорога для расчистки противоселевых сетей и барражей. Среди людей жертв и пострадавших не было.

Хотя в соответствии с проектом защита подстанции «Роза Хутор» оказалась достаточной, в целом эффективность для защиты всей селитебной территории в районе конуса выноса реки Сулимовской оценивается как неудовлетворительная. При сходе селе не глубокой ночью, а в дневной период селевой поток на данном участке может повлечь человеческие жертвы, так как селевой поток выходит в зоны, часто посещаемые людьми (рис. 7).



Рис. 7. Селевой поток на реке Сулимовской за пределами селепропуска. Слева – подстанция «Роза-Хутор». 25.06.2019 г. Фото И.В. Иськова

Fig. 7. Debris flow on the Sulimovskaya river beyond the debris flow control facility. On the left is the Rosa Khutor substation. 06.25.2019. Photo by I.V. Iskov

²Местное название - руч. Салымовский (Сулимовский)

Оценка противоселевой защиты в районе подстанции «Роза Хутор»:

- длина подходного участка селевого русла перед селеспуском должна быть не менее двадцати ширин селевого потока на подходном участке Длина подходного участка от нижней сетки до входного оголовка селеспуска - меньше требуемой. Требование действующих нормативных документов - не выполнено;
- напорные откосы дамбы обвалования не были укреплены облицовкой монолитным (сборным) железобетоном, см. требования СП 116.13330.2012, п. 6.3.3.3. Требование не выполнено;
- возвышение стен оголовка над максимальным уровнем селевого потока принимать не менее $0,5H_{\max}$, см. требования СП 116.13330.2012, табл. 6.3.2.4. Глубина потока на входе в оголовок $H = 1,92$ м. Требуемая высота стен оголовка $H_{ог} = 1,92 \times 1,5 = 2,88$ м. Проектом принята высота стен $H_{ог} = 3,0$ м. Требование выполнено.
- возвышение низа пролетных строений существующего автодорожного моста над расчетным максимальным уровнем селевого потока должно быть не менее 1 м, см. требования СП 35.13330.2011, табл. 5.2. Расчетная глубина потока на входе под мост $H_{\max} = 2,3$ м. Требуемая высота от дна канала до низа пролетных строений $(2,3 \text{ м} + 1 \text{ м}) = 3,3$ м. Фактическая высота до низа пролетных строений $H_{вх} = 2,6$ м. Так как мост уже был построен, то примыкание спускного канала было выполнено к существующему мосту.

Запасы материала в селевых очагах природного происхождения здесь таковы, что полностью ликвидировать селевую опасность в ближайшие годы не представляется возможным. Необходимы мероприятия по стабилизации оползневых участков, в первую очередь, в зонах техногенного воздействия и создание надежной защиты территории в местах размещения зданий и сооружений, а также пребывания людей.

Анализ ситуации показал, что текущие эксплуатационные мероприятия по расчистке и обслуживанию селеудерживающих сооружений и вывозу грунта за пределы конуса выноса не выполнялись, материал складировался на селевом конусе выноса ручья Сулимовский и в русле реки Мзымта. Со стороны реки Мзымта, при одновременном прохождении паводка по реке Мзымта и ручью Сулимовский возникает подпор потока и блокировка стока ручья Сулимовский, препятствуя прохождению карчехода и образуя завалы. При добросовестном выполнении мероприятий, предусмотренных проектом противоселевой защиты, значительного ущерба можно было избежать, либо минимизировать. Одним из основных негативных факторов является то, что при строительстве селепропуска под автомобильной дорогой его ширина была predetermined размером водопропускного отверстия уже существующего моста. При строительстве данного моста не были учтены расходы селевых паводков и карчеход. В результате затора перед этим мостом селевые массы полностью переполнили селепропуск и вышли на пойму. Помимо этого, селенаправляющие сооружения на входе в селепропуск не перехватывают селевой поток полностью, и он движется мимо селепропуска, на территорию стоянки, автодорогу, на этнографический комплекс.

Заключение

Степень ответственности сооружений инженерной защиты определяется категорией ответственности тех сооружений, которые они защищают. На территориях, которые посещают люди, селевые воздействия необходимо исключить.

Как показывает оценка эффективности уже построенных селезащитных сооружений в Краснополянском горнолыжном кластере, в большинстве своем они соответствуют природным условиям района и обеспечивают безопасную эксплуатацию тех объектов, для защиты которых они предназначены.

В то же время, рассматривая в целом защищенность данной территории от селевых потоков, ее можно оценить как недостаточную. Предусмотренные мероприятия были

выполнены не полностью, особенно в части выполнения регулирования поверхностного стока, рекультивации отвалов, восстановления растительного и почвенного покрова.

Сохраняются зоны риска для населения, хозяйственных объектов и инфраструктуры в бассейнах рек Сулимовская, Кепша, Менделиха, ручей Фермерский. Рекомендуются выполнение актуального комплексного обследования территории в целях выявления зон селевой опасности на землях хозяйственного и рекреационного использования и обеспечения защиты от опасных природных процессов.

Список литературы

- Баринов А.Ю. Геоморфологический анализ ливневой селеопасности Черноморского побережья Кавказа в пределах береговых морфосистем. // Труды международной конференции «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Пятигорск, Институт Севкавгипроводхоз, 2008, стр. 59-61.
- Виноградов Ю.Б. Этюды о селевых потоках. Л., Гидрометиздат, 1980. 144 стр.
- Ворошилов В.И. Селевые паводки и меры борьбы с ними на южном склоне Северо-Западного Кавказа: автореф. дис. канд. геогр. наук. Сочи: Изд-во Сочинского филиала Краснодарского политехнического института, 1972. 25 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 9. Закавказье и Дагестан. Выпуск 1. Западное Закавказье. Под. ред. д-ра геогр. наук Г.Н. Хмаладзе, Л., Гидрометиздат, 1969.
- Флейшман С.М. Сели. Л.: Гидрометеониздат, 1978. 237 с.