Научная статья
УДК 551.582
DOI 10.46698/VNC.2025.38.44.001

Оценка селевой опасности на территории всесезонного туристско-рекреационного комплекса «Эльбрус»

Анатолий Хабасович Аджиев
Высокогорный геофизический институт, заведующий отделом стихийных явлений, профессор, доктор физико-математических наук, Нальчик, КБР, **adessa1@yandex.ru.**

Наталия Владимировна Кондратьева
Высокогорный геофизический институт, заведующий лабораторией, доктор географических наук, Нальчик, **kondratyeva_nat@mail.ru**

Залина Музариновна Керефова
Высокогорный геофизический институт, научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, Нальчик, **zknyaz-kbsu@mail.ru**

Аннотация. *В работе приводятся результаты исследования на селевую опасность территории всесезонного туристско-рекреационного комплекса (ВТРК) «Эльбрус». Построена карта селепроявлений, получены основные показатели, характеризующие температурный режим – среднемесячная и годовая температуры воздуха на станциях Чегет, Терскол и Ледовая База, определен суточный максимум осадков 1 % обеспеченности, который на всех высотных уровнях превышает 100 мм. Даются рекомендации для уменьшения селевой активности.*
Ключевые слова: *сель, ледник, морена, рыхлообломочный материал, ВТРК «Эльбрус»*
Для цитирования: *Аджиев А.Х., Кондратьева Н.В., Керефова З.М. Оценка селевой опасности на территории Всесезонного туристско-рекреационного комплекса «Эльбрус» // Вестник Владикавказского научного центра РАН. 2025. Т. 25. № 3. С. 60–66. DOI 10.46698/VNC.2025.38.44.001*

Assessment of mudflow hazard in the territory of the all-season tourist and recreational complex «Elbrus»

Anatoly Kh. Adzhiev
High Mountain Geophysical Institute, Head of the Department of Natural Phenomena, Professor, Dr, Russia, Nalchik, **adessa1@yandex.ru**

Natalia V. Kondratyeva
High-Mountain Geophysical Institute, Head of the Laboratory, Dr, Russia, Nalchik, **kondratyeva_nat@mail.ru**

Zalina M. Kerefova
High-Mountain Geophysical Institute, Researcher, PhD, Russia, Nalchik, **zknyaz-kbsu@mail.ru**

Abstract. *The paper presents the results of a study of the territory of the all-season tourist and recreational complex (ATRC) "Elbrus" for mudflow hazard.*
For the territory of ATRC "Elbrus" a map of mudflow manifestations was constructed, the main indicators characterizing the temperature regime were obtained: average monthly and annual air temperatures at the stations Cheget, Terskol and Ledovaya Baza, the daily maximum of precipitation of 1% probability was determined, which at all altitude levels exceeds 100 mm. Recommendations are given for reducing mudflow activity.
Keywords: *mudflow, glacier, moraine, loose debris, ATRC «Elbrus»*
For citation: *Adzhiev A.Kh., Kondratyeva N.V., Kerefova Z.M. Assessment of mudflow hazard in the territory of the All-season tourist and recreational complex «Elbrus» // Bulletin of the Vladikavkaz Center of the Russian Academy of Sciences. 2025. Vol. 25. No.3. P. 60–66. DOI 10.46698/VNC.2025.38.44.001*

ВВЕДЕНИЕ

Всесезонный туристско-рекреационный комплекс (ВТРК) «Эльбрус» расположен в высокогорной зоне. По территории исследования проходит Главный Кавказский хребет; здесь находится самая высокая гора в Европе – г. Эльбрус. Отметки высот в границах работ изменяются от 2 100 до 5 642 м. Площадь территории ВТРК «Эльбрус» составляет 2 682 га.

Актуальность исследования селей в курортных зонах чрезвычайно высока и обусловлена рядом факторов, делающих эту проблему критически важной для безопасности, экономики и экологии.

Для селеобразования необходимы три условия.

Первым, определяющим возможность их образования в данном горном речном бассейне, является наличие на склонах и в слоях достаточного количества продуктов разрушения горных пород, необходимых для образования твердой фазы селевого потока.

Второе условие – наличие достаточного количества воды (стока) для промывки или сноса и движения вдоль слоя рыхлообломочного материала, по которым этот материал будет перемещаться с участием водной составляющей, транспортирующей его и обеспечивающей его движение как организованного потока.

Третьим непременным условием является сильно расчлененный горный рельеф, который определяет наличие крутых склонов и каналов.

К природным факторам селеформирования относятся геологические, геоморфологические и климато-ландшафтные факторы [1]. На территории ВТРК «Эльбрус» антропогенный фактор играет большую роль в условиях интенсивного хозяйственного освоения.

Боковой хребет сложен кристаллическими породами древнего фундамента с насаженными крупными вулканическими конусами, одним из которых является Эльбрус. Лавы перекрывают всю пологую часть южного склона Эльбруса, кристаллический фундамент выходит на поверхность непосредственно над поляной Азау. Правый борт долины Баксана, массив Чегет, сложен гранитоидами и гранито-гнейсами, часто встречаются кристаллические сланцы. К голоценовым лавам прислонены четко выраженные береговые морены ледников М. Азау и Гарабаши (*рис. 1*). Моренные и флювиогляциальные отложения расположены в предпольях ледников и ниже их по долинам ручьев Гарабаши и М. Азау, а также по долине Баксана. На северном склоне Чегета морены незначительны по площади и толщине.

Благоприятными для селеформирования на участке изысканий являются скопления рыхлых отложений. К ним относятся береговые морены и скопления обвально-осыпных отложений в прирусловых участках. Крутые внутренние склоны береговых морен способствуют формированию микроселей. На участках, где морены прорезаются руслами водотоков, могут формироваться селевые врезы.

Геологические условия благоприятствуют накоплению потенциальных селевых массивов в руслах водотоков южного склона Эльбруса. Трещиноватый характер лав приводит к уменьшению поверхностного стока за счет фильтрации, что лимитирует активность склоновых селей.

Крутизна склонов на участке исследования варьирует от 0–10° в предпольях ледников до 30–90° на склонах лавовых потоков и их фронтальных обрывах. Такая крутизна склонов благоприятна для развития комплекса склоновых процессов. Русла водотоков наследуют существующий рельеф. Продольный профиль русел не выработан, уклоны достигают 100–300 ‰, местами на обрывах лавовых плато формируются водопады. Следует отметить, что наиболее благоприятные условия для накопления потенциальных селевых массивов отмечаются в узких ущельях, одним из которых является Гарабаши.

Рис. 1. **Врез в правой береговой морене ледника Гарабаши – глубокая и широкая часть начала селеносной р. Гарабаши. Фото авторов, октябрь 2016 года**

Таблица 1

Среднемесячная и годовая температура (°С) на станциях Чегет, Терскол и Ледовая База

Станция, высота мБС	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
«Терскол», 2 100 м	-7,1	-5,9	-2,5	2,6	6,7	9,8	12,3	11,8	8,6	4,6	-0,9	-4,9	2,9
«Чегет», 3 040 м	-10,4	-9,9	-7,8	-3,6	0,8	5,0	8,7	9,1	5,0	0,0	-4,6	-8,1	-1,3
«Ледовая база», 3 700 м	-19,1	-18.7	-16,0	-11,7	-7,7	-4,1	-1,4	-1,3	-4,9	-8,5	-12,4	-16,5	-10,2

Рельеф на территории ВТРК «Эльбрус» в целом благоприятствует формированию селей из-за значительных уклонов и перепадов высот.

Климато-ландшафтные условия определяют режим селевой деятельности. Главными факторами, влияющими на селевую деятельность, являются температура воздуха и жидкие осадки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основными показателями, характеризующими температурный режим, являются среднемесячная и годовая температуры воздуха, для которых свойственно уменьшение их значения с увеличением абсолютных высот (вертикальный градиент составляет 0,40–0,55 ºС/100 м). Температура воздуха имеет выраженный годовой ход (*таблица 1)*. Наиболее значительные изменения среднемесячной температуры воздуха отмечаются в весеннее и осеннее время. Максимальных значений температура воздуха достигает в конце июля – начале августа. Температура воздуха на высоте около 3 500 м положительна только в июле – августе, на высоте около 2 800 м – в мае – сентябре.

В Приэльбрусье отмечается летний максимум осадков. Суточный максимум осадков на всех высотных уровнях превышает 100 мм (*таблица 2*), что соответствует критерию опасного гидрометеорологического явления в селеопасных районах по СП 11-103-97.

Таким образом, интенсивные жидкие осадки способствуют селеформированию, а температура воздуха ограничивает формирование селевых потоков выше участка изысканий периодом с мая по сентябрь.

Современное оледенение на Эльбрусе быстро сокращается. Площадь ледника Б. Азау с 1997 по 2017 гг. сократилась на 15 %, до 16,63 км^2, площадь ледника М. Азау – на 9,7 %, до 8,50 км^2, площадь ледника Гарабаши – на 13,2 %, до 4,05 км^2 [2]. Поверхность нижних частей этих ледников понизилась на 20–40 м, объем льда ниже 3 500 м сократился на 42 %. Быстрое сокращение ледников приводит к выходу на поверхность незадернованных участков, зачастую покрытых рыхлообломочным материалом.

Ледники оказывают решающее воздействие на сток. Как показали режимные наблюдения за речным стоком на леднике Гарабаши (Оледенение Эльбруса, 1968) часто, почти ежедневно, на закономерный ход уровней накладываются резкие колебания продолжительностью от 0,5 до 2,5 часа, связанные с перестройкой каналов внутриледникового стока и прорывом внутриледниковых полостей. На Гарабаши 15 июля 1959 года объем прорыва исчислялся в 60 тыс. м^3 воды.

Таким образом, климато-ландшафтные факторы благоприятствуют формированию селевых потоков, но ограничивают период селевой деятельности маем – сентябрем. Геологические (наличие рыхлых отложений) и геоморфологические (наличие уклона, благоприятствующего вовлечению рыхлых отложений в поток) локализуют положение селевых очагов на участках морен и осыпных шлейфах в непосредственной близости от водотоков, а также на участках склонов с выходами грунтовых вод.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка селевой опасности выполнена на основе обработки и анализа:

- материалов изысканий и исследований прошлых лет об условиях развития опасных процессов на исследуемой и прилегающей территории;
- результатов маршрутных наблюдений;
- дешифрирования космоснимков, полученных в

Таблица 2

Суточный максимум осадков 1 % обеспеченности, мм

Метеостанция или диапазон высот	Суточный слой осадков 1% обеспеченности, мм
«Терскол»	124,2
«Чегет»	112,5
«Пик Терскол»	109,4
3 350–3 550 м	105
3 550–3 750 м	100
3 750–3 950 м	95

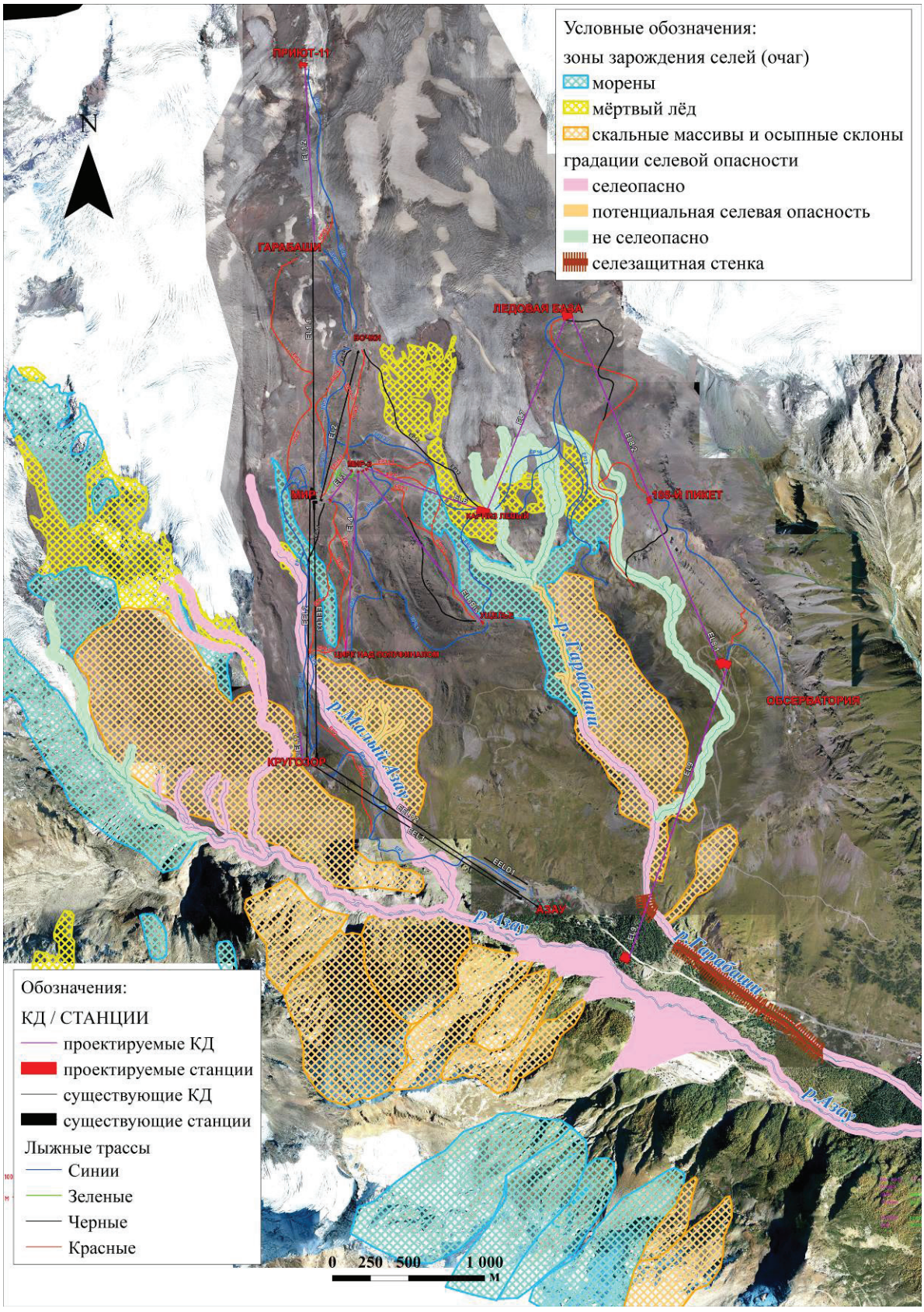

Рис. 2. **Карта селепроявлений на территории ВТРК «Эльбрус»**

Рис. 3. **Река Гарабаши на участке Терскол – Азау**

результате ежегодных съемок в период максимального снеготаяния.

На участке исследования и прилегающей территории находятся ледники Малый Азау, Гарабаши и Терскол. Ледники обладают огромной эродирующей силой и большими транспортирующими возможностями, в результате чего у их языков накопились огромные запасы рыхлого материала, который впоследствии принимает участие в формировании рельефа. Ледники стимулируют интенсивное развитие перигляциальных явлений, таких как морозное выветривание, солюфлюкция, осыпи, в результате чего породы, слагающие склоны, быстро разрушаются и с небольшой скоростью транспортируются от привершинных частей склонов к их подножьям и впоследствии становятся твердой составляющей селей.

Гидрография района представлена истоком и левыми притоками основной водной артерии ущелья – реки Баксан. В пределах зоны изысканий находятся рр. Баксан, Малый Азау и Гарабаши, которые берут свое начало из ледников Большой Азау, Малый Азау, Гарабаши.

На территории ВТРК «Эльбрус» присутствуют селевые очаги, находящиеся на высотных интервалах от 3 655 до 2 975 м н. у. м., которые при определенных климатических условиях могут спровоцировать зарождение селей. Это морены, мертвый лед, скальные массивы и осыпные склоны, а также приледниковые озера.

Селевые процессы имеют место по водотокам Баксан, Малый Азау и Гарабаши, которые проходят непосредственно вблизи объектов, предусмотренных в Концепции планировки [3].

Для рассматриваемой территории построена карта селевых очагов, представленная на *рис. 2.* При построении данной карты авторами учтено, что на р. Гарабаши в целях предотвращения размыва селевой массы на участке автодороги Терскол – Азау построена стенка (*рис. 3*).

Бассейн реки Баксан имеет следующие селеформирующие морфометрические характеристики:

- площадь водосбора реки – 56,4 км^2;
- площадь селевых очагов в бассейне реки Баксан с притоком М. Азау, находящихся на территории исследования, составляет 3,3 км^2;
- длина реки – 4,6 км;
- средний уклон русла – 220 ‰;
- наивысшая отметка водосбора – 3 840 м (г. Чиперазау);
- генетические типы селей – ледниковый, ледниково-дождевой, дождевой;
- тип селей – водо-каменный;
- объем максимального зафиксированного единовременного выноса твердой составляющей селя – 1 000 000 м^3 [4].

Река протекает почти строго с запада на восток, наследуя направление древней речной долины, заложенной по широтному разлому горной системы Кавказа, отделяющему Главный Водораздельный от Бокового хребта.

Истоки реки питаются талыми водами крупней-

ших эльбрусских ледников Большой Азау и Малый Азау.

Площадь ледника Б. Азау 19,2 км^2, длина 9,98 км. Ледник начинается из-под скал отрога Кюкюртлю; его западной границей служит скальный гребень так называемого цирка Хотютау. От вершины Кюкюртлю гребень идет к перевалу Хотютау, а затем – к вершине Уллукамбаши и вершине Азаубаши. Этот гребень имеет почти меридиональное направление, и только южнее Уллукамбаши он образует плавную дугу, замыкающую бассейн питания ледника Большой Азау [4].

Бассейн реки Гарабаши имеет следующие селеформирующие морфометрические характеристики:

- площадь водосбора реки - 10,8 км^2;
- площадь селевых очагов в бассейне реки Гарабаши, находящегося на территории изыскания, составляет 1,4 км^2;
- длина реки – 3,46 км;
- средний уклон русла – 240 ‰;
- высота истока – 3 300 м;
- генетические типы селей – ледниковый, ледниково-дождевой, дождевой;
- тип селей – водо-каменный;
- объем максимального единовременного выноса твердой составляющей селя – 1 000 000 м^3.

Река Гарабаши является одним из левых притоков Баксана в его истоках. Река состоит из двух истоков. Маловодный левый, имеющий преимущественно грунтовое питание, слабо врезан в широкое днище древней троговой долины. Правый исток питается талыми водами ледника Гарабаши, язык ледника лежит на краю крутого лавового ригеля, и река начинается от него тремя бурными потоками.

Ледник Гарабаши берет начало от снегов на юго-восточном склоне горы Эльбрус. Долина левого истока Гарабаши представляет собой трог с высотой бортов около 100 м и шириной дна долины около 600 м. Она замыкается серией боковых и конечных морен, с мягкими формами и задернованной поверхностью. В настоящее время в долине активно протекают нивальные процессы, характерные для высокогорья, и накапливается обломочный материал.

По правому борту остались высокие береговые морены, на высоте 100–120 м над руслом реки. Эти морены прислонены к молодому голоценовому потоку лав и частично перекрывают его в верховьях, у современного края ледника. Вал боковой морены, постепенно снижаясь, заканчивается на высоте 2 875 м у озера, перед узким каньоном. Левый борт долины, сложенный плейстоценовыми серыми лавами, имеет следы ледниковой обработки до высоты 100 м, это оглаженные поверхности светлого цвета. Морен по левому борту не сохранилось из-за большой крутизны его склонов. Нет следов конечных морен, типичных для стадии отступания и на дне котловины, что говорит об очень быстром разрушении языка ледника Гарабаши, явившегося причиной катастрофических селевых потоков.

В настоящее время ледник Гарабаши продолжает отступать и находится на высокой ригельной ступени. В верховье левого истока наблюдается поперечный к долине высокий (~ 40 м) моренный вал.

Площадь современного ледника 2,74 км^2, длина 4,09 км. Это сравнительно небольшой ледник, занимающий 1,5 % от Эльбрусского оледенения, так как он имеет незначительную площадь питания, ограниченную молодыми лавовыми грядами. В нижней части долины находится узкий каньон, который вызывает подпруживание ледника и увеличение его мощности в стадии наступания, что являлось основной причиной образования селевых потоков большой мощности [5].

В прошлом катастрофические селевые процессы здесь были связаны с прорывами озер, формировавшихся по правому борту ледника и по его контакту с голоценовым лавовым массивом. Вдоль всего внешнего края правой береговой морены протянулась цепочка котловин, до недавнего времени заполнявшихся водой ручья, оставившего сухое, не действующее в настоящее время русло. Все озера были прорваны – правобережная боковая морена разорвана глубоким селевым врезом, в откосах которого при оттаивании и оползании рыхлообломочного плаща видны «мертвые» льды. Поверхностный водоток превратился в подземный и сбрасывает свой сток непосредственно перед каньоном. Основным фильтрационным бассейном является самая обширная из бывших озерных котловин, расположенная в приледниковой зоне на высоте 3 300 м за поперечным гребнем голоценовых лав. Выше нее, по правому борту ледника, формируются современные морены в виде невысоких кулисообразных боковых валов с ледяным ядром и маломощным плащом рыхлообломочного материала. Этот участок представляет собой зону мертвых льдов с типичными проявлениями термокарста – мелкими озерками в западинах и понижениях рельефа. Благодаря большой сквозности талые воды фильтруются и образуют подземные водотоки, которые являются истоками правобережного грунтового притока Гарабаши. Расположенный на большой высоте 3 300–3 500 м массив мертвых льдов представляет собой первоначальную стадию развития гляциального селевого очага, энергетический потенциал которого может проявиться только под воздействием экстремально высоких температур, аналогичных ситуации в июле 1983 года.

Сель 19 июля 1983 года прошел после интенсивного теплого ливня, завершившего 10-дневный период экстремально жаркой погоды (количество осадков 36,4 мм, интенсивность 0,25 мм/мин., сумма среднесуточных температур за 10 суток 155,0°). Такие сели относятся к смешанному гляцио-ливневому генезису, так как в приледниковой зоне идет накопление талых вод в термокарстовых воронках, провалах «мертвых» льдов, в поверхностных и внутриледниковых водоемах, обычно небольшой

емкости. Однако спусковым механизмом для их сработки служит интенсивный «теплый» ливень, выпадающий на больших высотах в жидкой фазе. Объем селевых отложений (по глазомерной съемке) достиг 1 млн м^3. Селевой поток занес и размыл автодорогу, нанес значительный ущерб гостинице «Азау», затопил через оконные проемы подвалы и цокольный этаж [4].

Современные сели по р. Гарабаши в основном связаны с деградацией ледников – гляциальные. Существует опасность формирования разрушительных селей при соответствующих погодно-климатических условиях.

ВЫВОДЫ

Для территории ВТРК «Эльбрус» построена карта селепроявлений, где обозначены морены, мертвый лед, скальные массивы и осыпные склоны, зоны отложения селей.

Получены основные показатели, характеризующие температурный режим: среднемесячная и годовая температуры воздуха на станциях Чегет, Терскол и Ледовая База.

Определен суточный максимум осадков 1 % обеспеченности, который на всех высотных уровнях превышает 100 мм.

Для уменьшения селевой активности на рассматриваемой территории необходимо проводить следующие мероприятия:

- закрепление отвалов и обнаженных массивов рыхлообломочного материала;
- обеспечение беспрепятственного поверхностного стока в водотоках на рассматриваемой территории и недопущение русловой эрозии в этих водотоках;
- запрет на вырубку леса по склонам в зонах формирования и транзита селей в руслах водотоков;
- мониторинг состояния селевых очагов в водотоках, в том числе слежение за смещением оползневых массивов.

На этапах проектирования, строительства и эксплуатации различных объектов ВТРК необходимо учитывать высокую повторяемость селевых процессов.

Также рекомендуется создание эффективной системы мониторинга селевой обстановки и предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с селевой опасностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перов В.Ф. Сели (учебное пособие). – М.: Изд-во МГУ, 2012.

2. Kutuzov S., Lavrentiev I, Smirnov A, Nosenko G, Petrakov D. Volume Changes of Elbrus Glaciers From 1997 to 2017 // Frontiers in Earth Science, 2019, Volume 7, p. 1-16. https://doi.org/10.3389/feart.2019.00153

3. Концепция «Корректировка проекта планировки территории, разработка проекта межевания территории, корректировка плана обустройства и соответствующего материально-технического оснащения, разработка интерактивной информационной 3D модели особой экономической зоны туристско-рекреационного типа в границах Эльбрусского муниципального района Кабардино-Балкарской Республики (ВТРК «Эльбрус») и прилегающей к ней территории».

4. Сейнова И.Б., Золотарёв Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья. (Эволюция оледенения и селевой активности). – М.: Научный мир, 2001. 204 с.

5. Поповнин В.В. Современное оледенение в верховьях реки Баксан. / Сб. Природопользование Приэльбрусья. – М.: МГУ, 1992. С. 36–64.

REFERENCES

1. Perov V.F. Seli (uchebnoe posobie). – M.: Izd-vo MGU, 2012.

2. Kutuzov S., Lavrentiev I, Smirnov A, Nosenko G, Petrakov D. Volume Changes of Elbrus Glaciers From 1997 to 2017 // Frontiers in Earth Science, 2019, Volume 7, r. 1-16. https://doi.org/10.3389/feart.2019.00153

3. Koncepciya «Korrektirovka proekta planirovki territorii, razrabotka proekta mezhevaniya territorii, korrektirovka plana obustrojstva i sootvetstvuyushhego material`no-texnicheskogo osnashheniya, razrabotka interaktivnoj informacionnoj 3D modeli osoboj e`konomicheskoj zony` turistsko-rekreacionnogo tipa v graniczax E`l`brusskogo municipal`nogo rajona Kabardino-Balkarskoj Respubliki (VTRK «E`l`brus») i prilegayushhej k nej territorii»

4. Sejnova I.B., Zolotaryov E.A. Ledniki i seli Prie`l`brus`ya. (E`volyuciya oledeneniya i selevoj aktivnosti). – M.: Nauchny`j mir, 2001. 204 s.

5. Popovnin V.V. Sovremennoe oledenenie v verxov`yax reki Baksan. / Sb. Prirodopol`zovanie Prie`l`brus`ya. – M.: MGU, 1992. S. 36–64.