

УДК 91:627.141.1

DOI 10.17513/use.38245

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СЕЛЕПРОЯВЛЕНИЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЧЕРЕК БЕЗЕНГИЙСКИЙ

¹Беккиев М.Ю., ¹Докукин М.Д., ¹Калов Р.О., ¹Калов Р.Х., ²Шагин С.И.

¹ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Нальчик, e-mail: inrush@bk.ru;

²ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова»,
Нальчик, e-mail: uniid-sergey@yandex.ru

Аннотация. В результате анализа разновременных аэрофотоснимков и космоснимков получены данные о зонах поражения селевыми потоками территорий в верховьях долины р. Черек Безенгийский, наиболее крупными из которых являются селевые потоки на р. Жиришкису и Думала в 1967 г. Площади селевых отложений на конусах выноса этих рек и в русловой зоне р. Черек Безенгийский превышали 200 тыс. и 100 тыс. м² соответственно. Это было следствием прохождения аномальных ливней, которые способствовали эрозионному процессу в моренном массиве в верховьях р. Жиришкису и сходу оползня с правого склона долины р. Думала. Полученные параметры селевых отложений оказались значительно меньше, чем приведены в кадастрах селей. Это подтверждает важность анализа разновременной аэрокосмической информации на участках селевых очагов и зон аккумуляции селевой массы на конусах выноса притоков и в руслах главных рек при оценке селевой опасности. Показано, что современные селевые процессы могут быть экстремальными в результате эволюции моренных массивов, содержащих значительные объемы льда, и активизации оползней при выпадении аномальных осадков.

Ключевые слова: экстремальные селевые потоки, зона поражения, селевой очаг, космический снимок, аэрофотоснимок, моренный массив, оползень

EXTREME DEBRIS FLOWS IN THE CHEREK BEZENGIYSKY RIVER BASIN

¹Bekkiev M.Yu., ¹Dokukin M.D., ¹Kalov R.O., ¹Kalov R.Kh., ²Shagin S.I.

¹High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, e-mail: inrush@bk.ru;

²Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov,
Nalchik, e-mail: uniid-sergey@yandex.ru

Annotation. Using the analysis of multi-time aerial photographs and satellite images, we obtained data on the areas affected by debris flows in the upper reaches of the Cherek Bezengisky River Valley, the largest of which are debris flows on the Zhirishkisu and Dumala rivers in 1967. The areas of debris flow deposits on the fans of these rivers and in the channel zone of the Cherek Bezengisky River exceeded 200 thousand m² and 100 thousand m² accordingly. This was the consequence of abnormal rains, which contributed to the erosion process in the moraine massif in the upper reaches of the Zhirishkisu River and the landslide from the right slope of the Dumala River valley. The obtained parameters of debris flow deposits turned out to be significantly less than those given in the debris flow cadastres. This confirms the importance of analyzing multi-temporal aerospace information in areas of debris flow original sites and accumulation zones of debris flow mass on the fans of tributaries and in the beds of main rivers when assessing debris flow hazard. It is shown that modern debris flow processes can be extreme as a result of the evolution of moraine massifs containing significant amounts of ice and the activation of landslides during abnormal precipitation.

Keywords: extreme debris flows, affected area, debris flow original site, satellite image, aerial view, moraine massif, landslide

Селевые потоки на Кавказе имеют широкое распространение и наносят значительный ущерб. Данные о селевых потоках в результате длительных исследований и наблюдений систематизированы и сведены в табличной и графической форме в виде кадастров [1, 2], в которых приведены карты селевых бассейнов и различные их параметры. В качестве показателя степени селевой опасности использовался максимальный объем твердых отложений селя W (тыс. м³) в каждом селевом бассейне. Этот параметр определялся как по данным фактических измерений площади и толщины отложений, так и расчетными способами. В работе [3]

на основе систематических наблюдений приведены данные о характеристиках водных и селевых потоков (скорость, расход, глубина потока, объем выноса и объем твердых отложений). В Своде правил [4, п. 4.9.6] отмечена важность дешифрирования аэро- и космических материалов для установления наличия селевых процессов и границ их распространения, масштабы и повторяемости проявлений селевых потоков. Ранее в результате анализа разновременных аэро- и космических материалов проведена оценка экстремальных селепроявлений в бассейне р. Черек Балкарский [5] и выявлены максимальные масштабы зон пораже-

ния селейвыми потоками 1967 г. в бассейне р. Баксан [6] в результате аномальных ливней слоем 69,9 мм (данные метеостанции Терскол [3, с. 62]). В последние годы были проведены исследования активности селей во всех селевых бассейнах Кабардино-Балкарской Республики, в том числе в бассейне р. Черек Безенгийский, для которого в ряде работ оценивался селевой риск [7], строились карты [8], оценивались параметры селевых потоков [9, 10], активность и зоны их воздействия [11–13], вычислялись показатели интегральной оценки селевой опасности [14]. В связи с появившейся возможностью получения космоснимков на различные периоды селевой активности было принято решение пересмотреть некоторые ранние оценки масштабов селепроявлений.

Целью исследования является проведение на основе анализа разновременных аэро- и космоснимков оценки зон поражения селевыми потоками в бассейнах с максимальными объемами единовременных селевых выносов (бассейны рек Жиришкису и Думала), достигающих по данным [1, с. 92; 2, с. 98] 1 млн м³ и более.

Материалы и методы исследования

Для анализа были выбраны космоснимки спутников КН-4А и КН-4В проекта Corona 1966, 1967, 1980 гг. (сайт EarthExplorer), аэрофотоснимки 1957 г., космоснимок GeoEye-1 2013 г. (Google Earth) и космоснимки Sentinel-2 (сайт Sentinel Hub EO Browser). Использовались фотографии вертолетных облетов, материалы аэрофотосъемок БПЛА на участок бассейна р. Мижирги. Космоснимки и аэрофотоснимки привязывались в программе ArcMap по опорным точкам к космоснимкам Sentinel-2 в системе координат WGS84 проекции UTM. В программе ArcMap создавались векторные слои границ зон селевых отложений и вычислялись их площади, проводилось сравнение состояния моренных и оползневых массивов, конусов выноса и участков русел.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате просмотра разных по времени космоснимков американских спутников проекта Corona были отобраны космоснимки до и после схода селей 05.08.1967 г., на которых были видны значительные изменения на конусах выноса р. Жиришкису и Думала в бассейне р. Черек Безенгийский. На рис. 1 показаны границы этих двух бассейнов и селевые русла левых и правых

притоков р. Черек Безенгийский: 9 – Шыкису, 10 – Акусу, 11 – Беккамсу, 12 – Урельсу, 13 – Кияма-Чучхур, 16 – Мижирги, 17 – Безымянный, 18 – Наратлы, 19 – Жиришкису, 20 – Шкитсу, 21 – Думала, 22 – Удурсу.

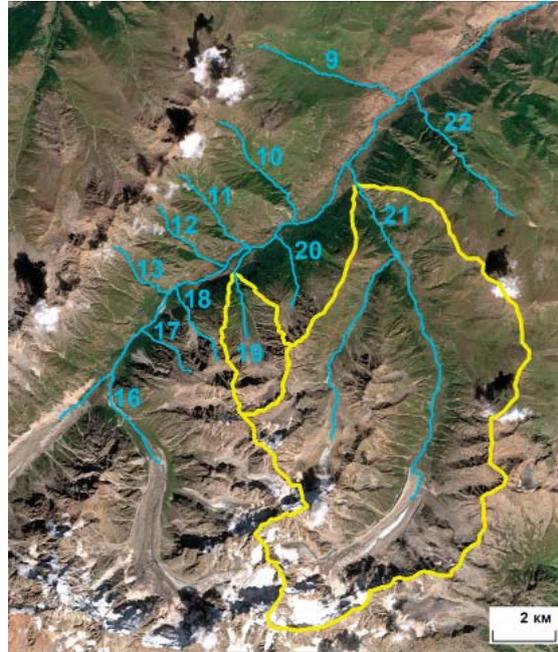


Рис. 1. Схема расположения селевых бассейнов р. Жиришкису (№ 19) и р. Думала (№ 21) (отмечены желтыми контурами) и селевых русел левых (№ 9–13) и правых (№ 16–22) притоков р. Черек Безенгийский в верховьях.

Номера селевых русел соответствуют номерам селевых бассейнов кадастров [1, 2]. Пояснения в тексте.

Подложка – космоснимок Sentinel-2 от 01.09.2023

В работах [7–12] основное внимание уделялось левым притокам р. Черек Безенгийский, так как селевые потоки, проходящие по ним, угрожают автодороге к альплагерю «Безенги», а правые притоки воздействуют на сельхозугодья (сенокосы и пастбища). Ниже представлены результаты исследований по бассейнам р. Жиришкису и Думала.

Селепроявления р. Жиришкису

Площадь селевого бассейна р. Жиришкису по данным авторов составляет 6,43 км² (в кадастре [1, с. 92] – 3,9 км² (!), в кадастре [2, с. 98] – 7,1 км²). На рис. 2 показан участок конуса выноса р. Жиришкису и примыкающая русловая зона р. Черек Безенгийский. Сравнение аэрофотоснимка 15.08.1957, космоснимка 17.08.1966 (частично с плотной облачностью) и космос-

нимка 13.08.1967 (фрагменты *а* и *б* на рис. 2) показало, что отложения селя 05.08.1967 выражены четким светлым контуром, занимающим нижнюю часть конуса выноса и в основном русловую зону р. Черек Безенгийский шириной до 130 м и протяженностью более 2 км. Площадь селевых отложений – 207,9 тыс. м², что при средней толщине отложений 2 м [3, с. 134] составит объем более 400 тыс. м³.

На фрагменте *в* (рис. 2) видны следы прохождения селя 05.07.1975. Сель узкой полосой обошел справа отложения селя 1967 г. и частично отложил материал в русловой зоне р. Черек Безенгийский, из чего можно сделать вывод, что объем отложений его был значительно меньше. А сравнение с последующими аэрофотоснимками и кос-

моснимками (фрагмент *г*, рис. 2) дает основания считать селя 05.08.1967 экстремальным и в то же время оценивать его объем отложений примерно в два раза меньше, чем указано в кадастрах [1, с. 92; 2, с. 98]. В кадастре [2, с. 98] указан расчетный объем твердых отложений 1029 тыс. м³.

На рис. 3 показаны результаты анализа изменений на моренном комплексе в верховьях р. Жиришкису. Наибольшие изменения произошли в нижней части комплекса – образовался врез шириной около 90–95 м, длиной более 400 м. Кроме этого, было выявлено движение поверхности моренного массива со средней скоростью около 1 м/год (смещение вала, отмеченного на рис. 3 желтой линией, за период 1957–2013 гг. составило 50 м).

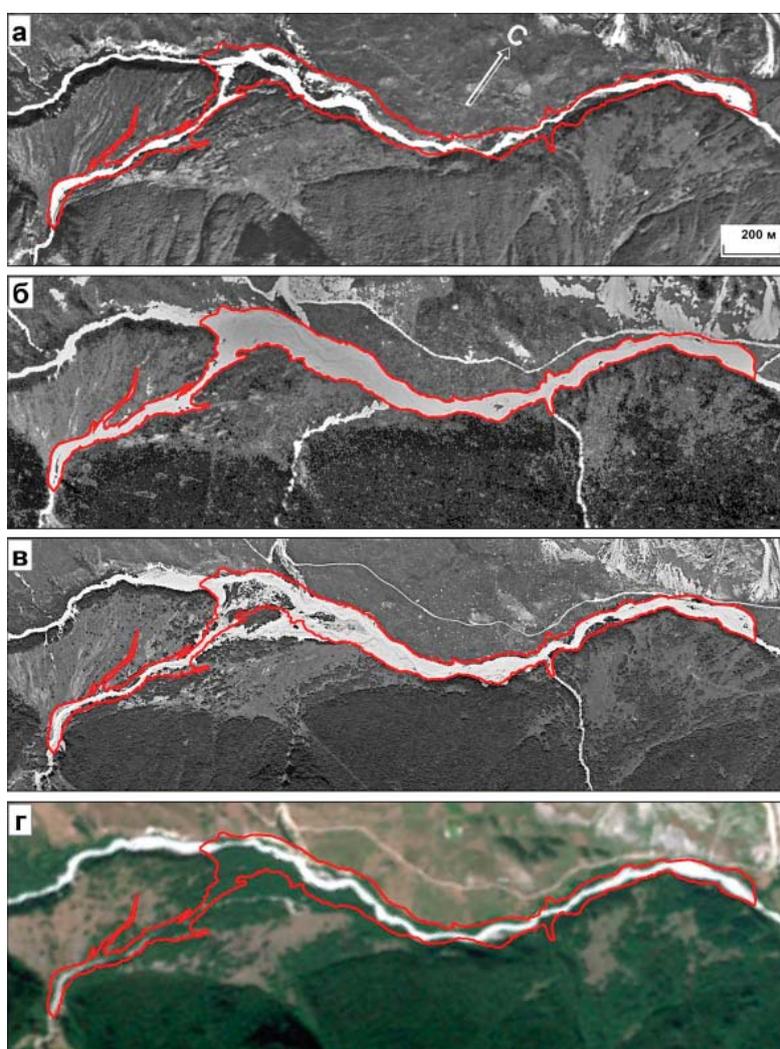


Рис. 2. Селепроявления на конусе выноса р. Жиришкису и в русловой зоне р. Черек Безенгийский в 1957–2023 гг.: *а* – аэрофотоснимок 15.08.1957, *б* – космоснимок Corona KH-4A от 13.08.1967, *в* – космоснимок Corona KH-4B от 20.06.1980, *г* – космоснимок Sentinel-2 от 01.09.2023. Красный контур на всех фрагментах – зона отложений селя по космоснимку 13.08.1967

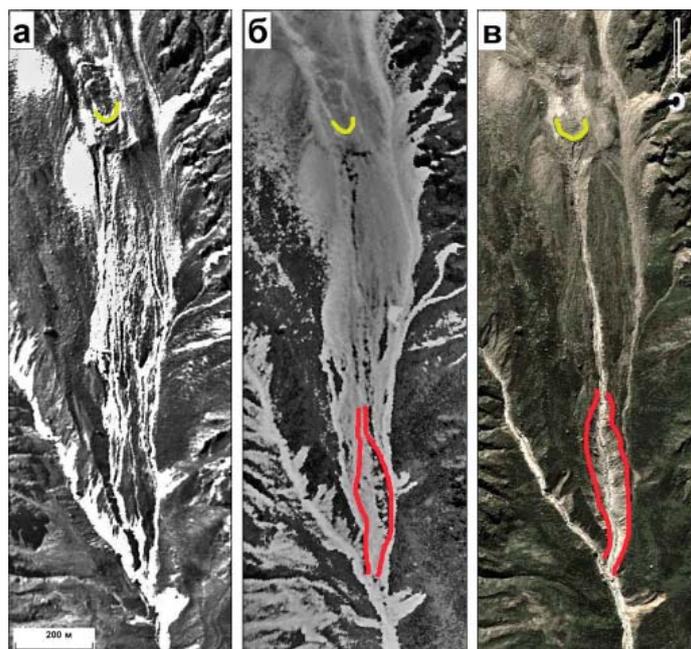


Рис. 3. Изменения на участке очага селей р. Жиришкису в 1957–2013 гг.:
 а – аэрофотоснимок 15.08.1957, б – космоснимок Corona KH-4A от 13.08.1967,
 в – космоснимок GeoEye-1 (Google Earth) от 04.09.2013

Селепроявления р. Думала

Площадь бассейна р. Думала (№ 21 на рис. 1) по данным авторов составила 77,51 км² (в кадастре [1, с. 92] – 82,7 км², в кадастре [2, с. 98] – 83 км²). На рис. 4 показаны изменения на участке конуса выноса р. Думала за 1966–2023 гг.

На космоснимке 1967 г. видны следы селя 05.08.1967 г. в виде контура белого цвета площадью 125,8 тыс. м³. Внутри контура с границами в виде красной линии видно несколько небольших пятен черного цвета и в центре – пятно светло-серого цвета, которое на космоснимке 1966 г. было более темным.

Это позволило сделать вывод о том, что в этом месте толщина селевых отложений была минимальной, и объем отложений на конусе выноса не превышал 200 тыс. м³. В дальнейшем, по данным космоснимков 1980 г. (Corona KH-4B) и Sentinel-2 за период 2015–2023 гг., масштаб селепроявлений был значительно меньше – селевые отложения были сконцентрированы в левом русле. Следует отметить, что в русловой зоне р. Черек Безенгийский значительных изменений не было. Таким образом, объем отложений селя 1967 г. можно считать максимальным и примерно в 6 раз меньше, чем отмечено в кадастре [2, с. 98] (1246 тыс. м³). В общей

картине селепроявлений 1967 г. видны следы зоны промежуточной аккумуляции селя на участке впадения р. Укюсу (левый приток) в р. Думала и на конусах выноса боковых притоков. Кроме этого, значительной была активизация оползневых процессов на правом склоне долины р. Думала в 1,7 км выше устья (рис. 5).

Линия отрыва оползневых масс находилась на высоте около 350 м над руслом реки. Ширина зоны сползания составляла 130–180 м (фрагмент б, рис. 5). Оползневые массы за счет значительной скорости движения поднимались на высоту около 25–30 м и заваливали террасу на левом склоне долины р. Думала. В правой части зоны поражения оползня возник эрозионный врез, который наблюдается до настоящего времени (фрагмент г, рис. 5) и был очагом селя 1975 г. (фрагмент в, рис. 5).

Потенциал селевого очага р. Жиришкису можно оценить, сравнив с активностью подобных очагов и селепроявлениями в них. В целом моренный массив в верховьях р. Жиришкису имеет черты схожие и с каменными глетчерами, и с моренными пьедесталами, покрытыми движущимися ледово-каменными массами. На подобной движущейся массе языкообразного моренного массива сформировался сель в верховьях р. Султан-Гара-Су в 2022 г. [13].

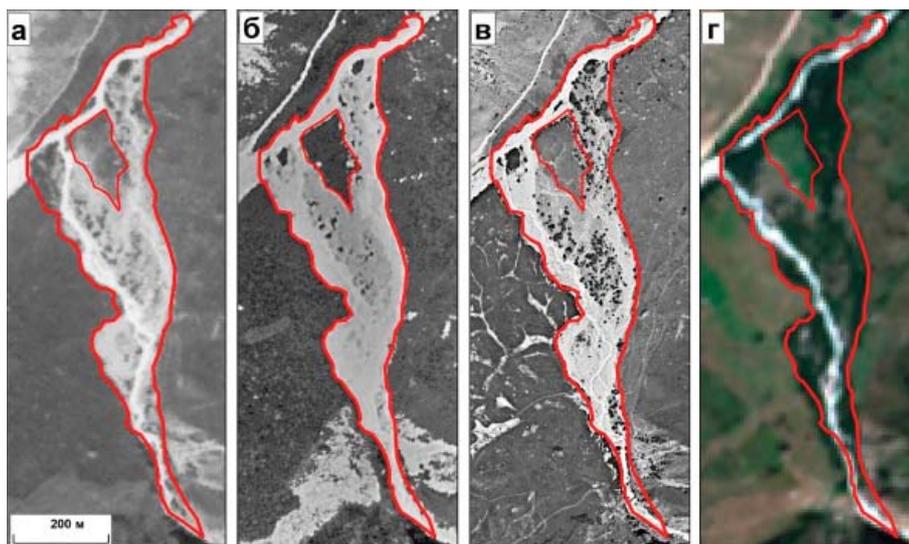


Рис. 4. Селепроявления на конусе выноса р. Думала в 1966–2023 гг.:
 а – космоснимок Corona KH-4A от 13.08.1967, б – космоснимок Corona KH-4A от 13.08.1967,
 в – космоснимок Corona KH-4B от 20.06.1980, г – космоснимок Sentinel-2 от 01.09.2023.
 Красный контур на всех фрагментах – зона отложений селя по космоснимку 13.08.1967

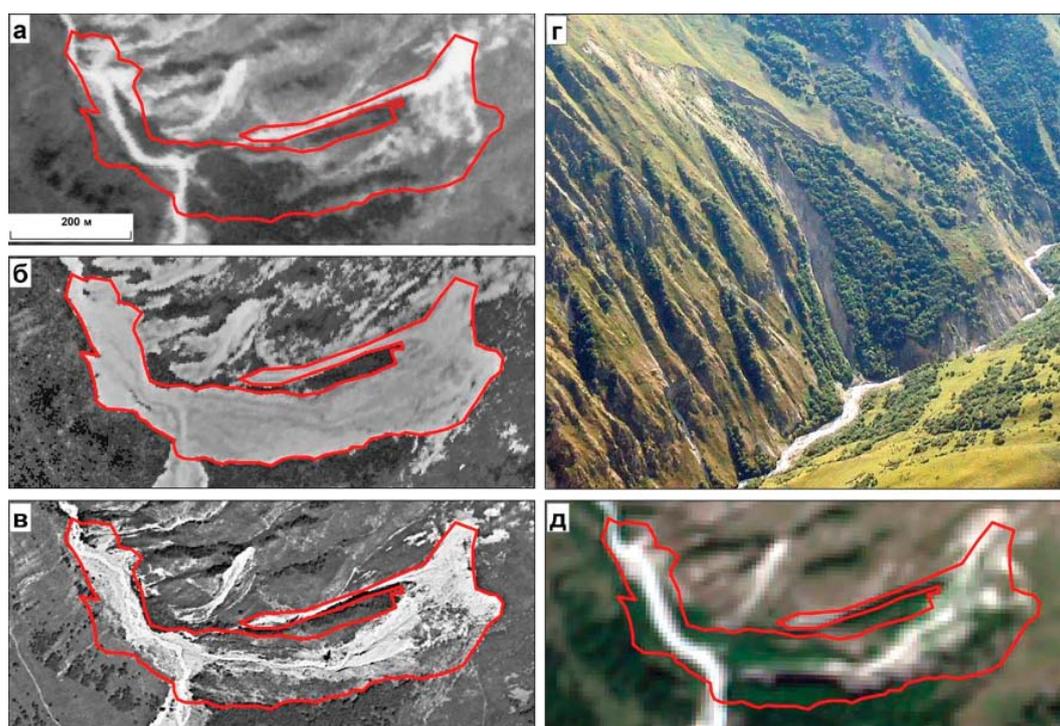


Рис. 5. Изменения на участке оползня в нижней части долины р. Думала:
 а – космоснимок Corona KH-4A от 17.08.1966, б – космоснимок Corona KH-4A от 13.08.1967,
 в – космоснимок Corona KH-4B от 20.06.1980, г – вертолетный снимок М.Д. Докукина от 26.08.2016,
 д – космоснимок Sentinel-2 от 01.09.2023

В тыловой зоне массива, показанного на рис. 3, существует озеро площадью около 8 тыс. м², сток с которого осуществляется по подземному каналу длиной около 1,2 км. При блокировании подземного канала в нем

может накапливаться большой объем воды, прорыв которого приведет к мощному водному импульсу и формированию селя (как в случае катастрофических селей в Таджикистане в 2002 г. и в Афганистане

2018 г. [14]) с дальнейшим размывом нижней части массива и выносом селевых масс на конус выноса и в русловую зону р. Черек Безенгийский. Следовательно, в результате эволюции моренного массива и прохождения ливней возможны селепроявления, как в 1967 г. и более.

В случае долины р. Думала можно предположить, что в будущем может повториться активизация оползня при прохождении ливней и сход селя такого же объема, как в 1967 г., так как рыхлообломочной массы на склоне еще достаточно.

В бассейне р. Черек Безенгийский к числу экстремальных селепроявлений можно отнести также селя 1936 г. по р. Шыкису с объемом выноса порядка 300 тыс. м³ [1, с. 92; 2, с. 98], разрушивший старое поселение, а также селя 2022 г. по р. Мижирги [15], который имел объем отложений около 200 тыс. м³ и впервые вышел на территорию альплагеря. Последний селя сформировался без участия ливней в результате насыщения водой массива береговой морены.

Заключение

В результате анализа аэро- и космоматериалов получены данные о зонах поражения селевыми потоками конусов выноса р. Жиришкису, Думала и русловой зоны р. Черек Безенгийский в верховьях. Максимальные площади селевых отложений относятся к периоду массового схода селей 5 августа 1967 г., вызванному аномальными ливнями, и могут считаться экстремальными за 1957–2023 гг. Объемы селевых отложений, по оценке, немного больше 400 тыс. м³, что значительно меньше, чем указано в кадастрах селей. В будущем в случае повторения подобных аномальных ливней и эволюции моренных массивов возможны селепроявления таких же экстремальных масштабов, что будет представлять угрозу сельхозугодьям, а также автодороге и рекреационным зонам.

Список литературы

1. Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа / Под ред. Залиханова М.Ч. СПб.: Гидрометеоздат, 2001. 112 с.
2. Кадастр селевой опасности юга европейской части России / Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Беккиев М.Ю., Гедуева (Гяургиева) М.М., Перов В.Ф., Разумов В.В., Сейнова И.Б., Хучунаева Л.В. М. Нальчик: Феория, 2015. 148 с.
3. Сейнова И.Б. Условия формирования селевых потоков в Кабардино-Балкарской АССР (Центральный Кавказ): дис. ... канд. геогр. наук. Москва: МГУ, 1970. 161 с.
4. СП 479.1325800.2019. Свод правил. Инженерные изыскания для строительства в районах развития селевых процессов. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2020. 41 с.
5. Докукин М.Д., Савернюк Е.А., Черноморец С.С. Экстремальные селепроявления в бассейне реки Черек Балкарский // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2022. Т. 7. № 4 (30). С. 54–61. DOI: 10.25744/genb.2022.88.75.007.
6. Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Шагин С.И. Зоны поражения селевыми потоками 1967 года в долине реки Баксан (Центральный Кавказ) // Природообустройство. 2023. № 1. С. 102–107. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-1-102-107.
7. Керимов А.М., Акшаяков З.Т., Анахаев Х.А. Селевой риск в долине реки Черек (Кабардино-Балкарской Республики) // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Т. X (в 2 ч.). Ч. 2. Коллективная монография по материалам X Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Грозный: ООО «Формат», 2020. С. 442–445.
8. Акшаяков З.Т., Анахаев Х.А., Баттаев А.Ш. Выявление степени селеопасности бассейнов на р. Черек (Кабардино-Балкарской Республики) путем натурных и архивных изучений с составлением карты селевых бассейнов в программе ARCGIS // Экология и водное хозяйство. 2019. № 2 (02). С. 1–9. DOI: 10.31774/2658-7890-2019-2-1-9.
9. Батчаев И.И., Анаев М.Т. Исследования селевых потоков в Безенгийском ущелье (Центральный Кавказ, Кабардино-Балкарская Республика): динамика, последствия // Природообустройство. 2021. № 1. С. 107–111. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-1-107-111.
10. Марченко П.Е., Гедуева (Гяургиева) М.М., Джаппуев Д.Р., Хутуев А.М. Анализ селепроявлений в верховьях реки Черек Безенгийский Кабардино-Балкарской Республики. Ч. 1 // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 3 (71). С. 40–49.
11. Марченко П.Е., Гедуева (Гяургиева) М.М., Джаппуев Д.Р., Хутуев А.М. Анализ селепроявлений в верховьях реки Черек Безенгийский Кабардино-Балкарской Республики. Ч. 2 // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 4 (72). С. 50–61.
12. Марченко П.Е., Джаппуев Д.Р., Гедуева М.М. Анализ подверженности селевым процессам верховьев реки Черек Безенгийский Кабардино-Балкарской республики (селепроявления и численная оценка фактической селевой опасности) // Устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П.М. Иванова. Нальчик: КБНЦ РАН, 2017. С. 169–176.
13. Мальнева И.В., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Акаев А.Р. Селевой поток в урочище Джилы-Су (Северное Приэльбрусье) 4 октября 2022 г.: причины и факторы // Изучение опасных природных процессов и геотехнический мониторинг при инженерных изысканиях: материалы Общероссийской научно-практической конференции. М.: ООО «Геомаркетинг», 2023. С. 111–118.
14. Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Р.Х. Катастрофические явления последних десятилетий, связанные с деградацией ледников и мерзлоты в горах (аналитический обзор) // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87, № 7. С. 1065–1078. DOI: 10.31857/S2587556623070051.
15. Акаев А.Р., Шидугов И.Ж. Применение БПЛА для мониторинга экзогенных процессов в приледниковой зоне (на примере ледника Мижирги) // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Т. XIII / Науч. ред. И.А. Керимов, В.А. Широкова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашин. М.: ИИЕТ РАН, 2023. С. 425–430. DOI: 10.26200/GST0U.2023.54.78.054.