

Рувелла Гарегиновна Аветисова (Мискарова)

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», отдел стихийных явлений, младший научный сотрудник, Нальчик, КБР, Россия, e-mail: ruvela_1709@mail.ru

Михаил Дмитриевич Докукин

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», отдел стихийных явлений, ведущий научный сотрудник, Нальчик, КБР, Россия

Олег Васильевич Остапцов

ФГБУ «Северо-Кавказская военизированная служба», Эльбрусский военизированный противолавинный отряд, ведущий инженер, Нальчик, КБР, Россия

Применение разновременной аэрокосмической информации для оценки лавинной активности и опасности (Центральный Кавказ)

Аннотация. На основе дешифрирования разновременных аэрофотоснимков с 1957 г. по 1988 г. и космических снимков с 2005 г. по 2020 г. приведены данные о лавинопроявлениях в районах Центрального Кавказа (бассейны рек Баксан, Черек и Мамикхдон). Факты схода лавин устанавливались в результате сравнения разновременных аэрокосмоснимков и их GIF-анимаций по особенностям теней заснеженных поверхностей от неровностей отложений лавин, наличию лавинных снежников в весенне-летний период, по характеру и ареалам растительности, а так же по уникальному космоснимку в момент схода лавины.

Ключевые слова: лавина, лавинная активность, лавинная опасность, аэрофотоснимок, дешифрирование, космоснимок, лавиносбор, лавинный снежник

Ruvella G. Avetisova (Miskarova)

Federal State Budgetary Institution "High-Mountain Geophysical Institute", Department of Natural Phenomena, Junior Researcher, Russia, KBR, Nalchik, e-mail: ruvela_1709@mail.ru

Mikhail D. Dokukin

Federal State Budgetary Institution "High-Mountain Geophysical Institute", Department of Natural Phenomena, Leading Researcher, Russia, KBR, Nalchik

Oleg V. Ostaptsov

Federal State Budgetary Institution "North-Caucasus Special Service on Weather Modification" Elbrus paramilitary avalanche detachment, Leading Engineer, Russia, KBR, Nalchik

Application of the time transgressive aerospace information for assessment of avalanche activity and hazard (Central Caucasus)

Abstract. Based on aerial photographs interpretation from 1957 to 1988 and satellite images interpretation from 2005 to 2020, data on avalanche phenomena in the regions of the Central Caucasus (basins of the Baksan, Cherek and Mamikhdon rivers) are presented. Avalanche facts were established as a result of comparing different-time aerospace images and their GIF animations on the features of shadows of the snowy areas from the irregularities of avalanche deposits, the presence of avalanche snow-patch in the spring-summer period, in nature and vegetation ranges, as well as on a unique space image at the time of avalanche.

Keywords: avalanche, avalanche activity, avalanche hazard, aerial photograph, decryption, space photograph, avalanche catchment, avalanche snow-patch.

ВВЕДЕНИЕ

Лавины являются одним из самых опасных природных процессов в горах. Сход лавин опасен для инфраструктуры, ландшафта и человека. Негативные последствия от схода лавин бывают столь велики, что приводят к чрезвычайным ситуациям в горных регионах. Оценка степени лавинной активности и опасности необходима для безопасной жизнедеятельности людей и строительства в горах.

Она основывается на результатах мониторинга лавин, расчетах характеристик лавин, позволяющих составлять карты лавинной опасности и риска. В отдельных горных районах Кавказа (бассейн р. Баксан, бассейн р. Ардон) мониторинг лавин осуществляется противолавинными подразделениями Росгидромета. В других районах значительная часть информации о лавинной активности и параметрах лавин может быть получена на основе анализа аэрофотоснимков и космоснимков.

Методы оценки лавинной опасности на основе дешифрирования аэрокосмической информации приведены в многочисленных статьях, пособиях, и на их основе составлены кадастры лавинной опасности и разработан свод правил [1–3, 5, 7, 8, 12–15].

В настоящей статье на нескольких примерах показаны возможности применения разновременной аэрокосмической информации и результаты, часть из которых приведена в работах по исследованию лавинной активности в ущельях Ирик и Юсенги бассейна р. Баксан [4, 9, 10].

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящем исследовании авторы использовали космические снимки различных Интернет-ресурсов: Google Earth, SASplanet, Bing Maps, Sentinel-hub (Sentinel-2 разрешением 10 м), а также космоснимки, любезно предоставленные ГК СканЭкс: SPOT 5 (© CNES) разрешением 2,5 м, EROS A (© 2007 ImageSat International N.V.) разрешением 1,8 м; и аэрофотоснимки 1957–1988 гг.

С сайта <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> загружались космические снимки Sentinel-2 за пе-

риод 2015–2020 гг. в различных вариантах обработки (true color, highlight Optimized Natural Color для снежных и ледниковых поверхностей) в формате TIFF (32-bit float) в системе координат WGS84 проекции UTM, и таким образом формировалась база растровых данных для работы в GIS-программе. Разновременные аэрофотоснимки и космоснимки на участки лавинопроваждений привязывались по опорным точкам в программе ArcGIS и затем сравнивались визуально с использованием инструмента «зашторить слой (Swipe Layer)». Следы схода лавин определялись визуально: по изменениям в изображениях заснеженных поверхностей, по наличию лавинных снежников и лавинного мусора на территории без снежного покрова, по повалу лесного массива и изменению растительного покрова, по особенностям лавинного рельефа.

Последовательно просматривались космические снимки и аэрофотоснимки за разные годы и даты, отбирались снимки с выявленными среди них следами схода лавин и определялся интервал времени между датой снимка со следами лавины и ближайшей датой снимка, на котором следов лавин не было (до и после схода).



Рис. 1. Следы схода лавины в долине р. Дзуарикомдон (Мамисонское ущелье, РСО-А):
а – 22.05.2005 г. (космический снимок Quick Bird 22.05.2005 г.);
б – фрагмент топографической карты (SAS.Planet)

Из отобранных фрагментов космоснимков за разные даты с наличием лавинных снежников, лавинного мусора, повала лесного массива строились GIF-анимации и определялись зоны аккумуляции лавин и проводились границы зон поражения лавиной. Примеры GIF-анимаций приведены в социальной сети Твиттер на странице <https://twitter.com/inrushmd>.

На космоснимках с более четкими контурами лавин строились векторные слои и автоматически подсчитывались площади зон аккумуляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лавина в долине р. Дзуарикомдон

На основе космоснимка Quick Bird 22.05.2005 г. из «Google Earth» было зафиксировано одно из максимальных по дальности выброса проявлений лавинной деятельности в долине р. Дзуарикомдон (правый приток р. Земергондон бассейна р. Ардон (рис. 1). На космоснимке видны следы зоны зарождения, транзита и аккумуляции частично уже растаявшей мокрой лавины, сошедшей в мае.

Общая площадь поражения лавиной составила 0,6 км², дальность выброса – 3 700 м, объем отложений около 300 000 м³. Средний угол наклона пути схода лавины от места отрыва до остановки составил 13–14°, а средний уклон зоны транзита на протяжении 2 700 м составил 9,6°. Возможно, в момент схода лавины лавинным снегом был полностью покрыт конус выноса р. Дзуарикомдон и р. Земергондон, о чем свидетельствуют остатки снежников, расходящиеся веером от основной массы лавины.

В случае долины р. Дзуарикомдон весь ее бассейн можно считать единым лавинным бассейном с единой зоной отложения, но с многочисленными лавиносборами и зонами зарождения.

Дешифрирование космического снимка пока-

зало, что если бы не наличие фактических следов лавины такого размера, расчетными способами установить дальность ее выброса было практически невозможно, так как главной особенностью ее является сход на минимальных уклонах зоны транзита – менее 10°. Скорее всего это особый тип лавин со скоростью движения, сопоставимой с движением «пешехода». Но, учитывая высокую плотность снега, разрушительное действие таких лавин велико.

Массовый сход лавин в долине р. Баксан в 2018 г.

На основе космического снимка (Sentinel-2) от 26 марта 2018 г. был охарактеризован массовый сход лавин (рис. 2) в верховье долины р. Баксан (в пределах ГПНП «Приэльбрусье») 24 марта 2018 г. Сравнительное дешифрирование разновременных космоснимков позволило определить количество лавин и площадь их отложений.

На рисунке 2 показаны следы схода 42 лавин со склонов в долину р. Баксан, которые обозначены красными стрелочками. Еще нанесены 6 сходов лавин с боковых склонов долины р. Баксан. В результате маршрутного обследования были подтверждены отложения лавин, сошедших в марте 2018 года в долине р. Баксан на участке от Поляны Азау до устья р. Адыр-Су.

Авторами была определена наибольшая по площади отложений лавина – 65 тыс. м², – сошедшая с левого склона долины р. Баксан выше устья р. Губасанты. Площади отложений других крупных лавин приведены в работе [11].

Сошедшие мокрые лавины практически вплотную подошли к объектам инфраструктуры, но не повредили их. Причиной массового схода лавин послужило аномальное количество осадков в период с 21 по 24 марта (около 200 мм).

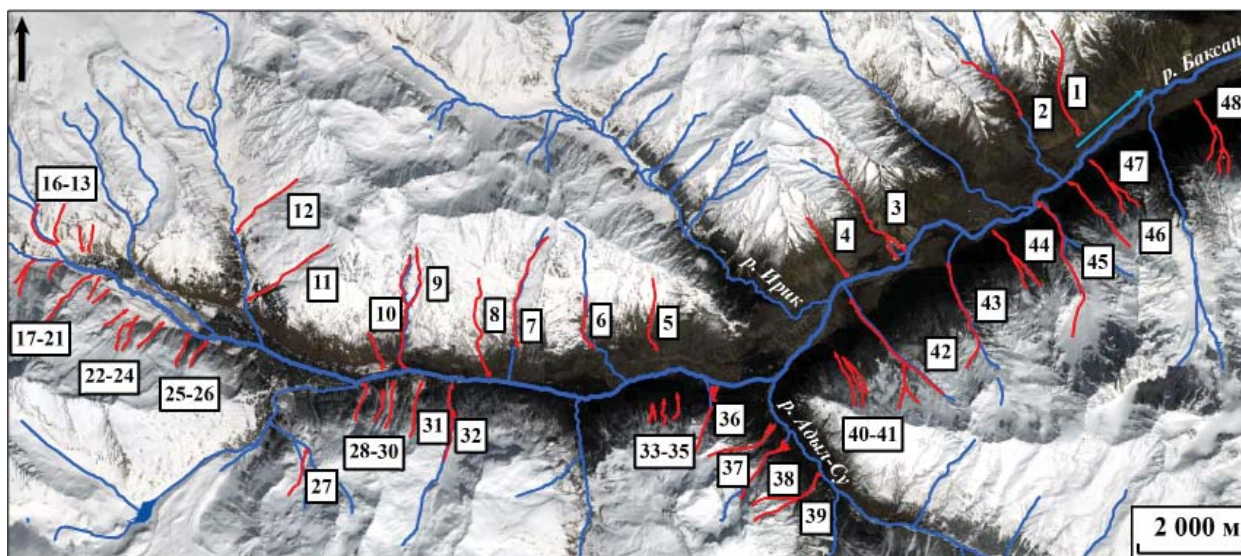


Рис. 2. Схема сходов лавин в долине р. Баксан (космоснимок Sentinel-2 от 26.03.2018 г.)

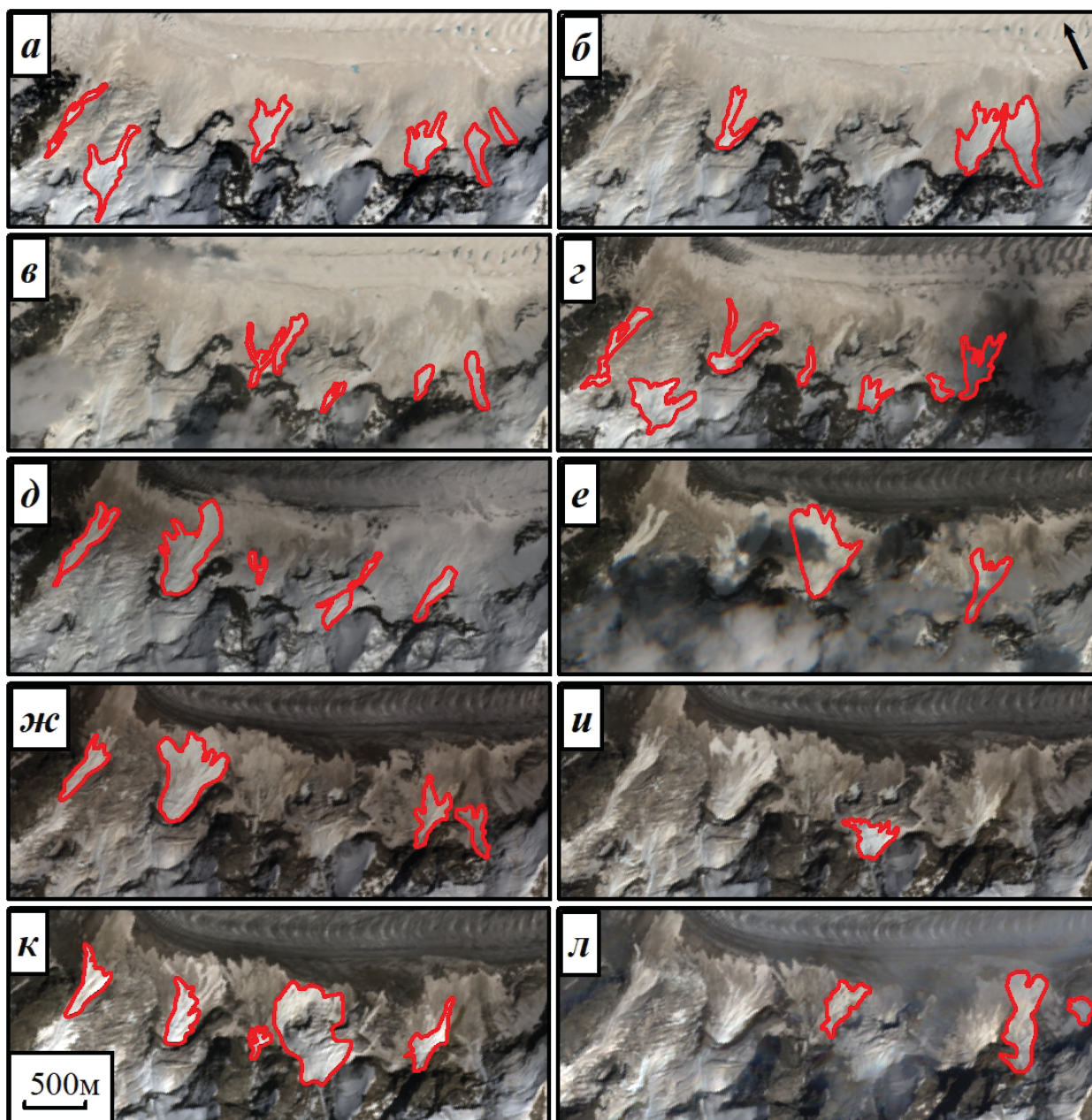


Рис. 3. Конусы выноса лавин на территории подножия Безенгийской стены (космоснимки Sentinel-2):

а – 09.06.2019 г.; б – 14.06.2019 г.; в – 19.06.2019 г.;
 г – 04.07.2019 г.; д – 14.07.2019 г.; е – 19.07.2019 г.;
 ж – 29.07.2019 г.; и – 03.08.2019 г.;
 к – 13.08.2019 г.; л – 23.08.2019 г.

Лавины с Безенгийской стены

В результате дешифрирования разновременных космических снимков Sentinel-2 с 2015 г. по 2020 г. и просмотра GIF-анимаций [18] по наличию лавинных конусов на леднике Безенги у подножия Безенгийской стены выявлена высокая активность ледяных лавин в летний период. На рисунке 3 приведены подобранные фрагменты космоснимков с конусами выноса от сошедших лавин за 2019 г.

Красным контуром выделены конусы выноса сошедших лавин. На каждом из фрагментов приве-

ден контур свежих отложений лавин. На фрагментах космоснимков видно, что конусы выноса различаются по площади. Самый большой конус выноса площадью 250 000 м², а самый маленький – около 10 000 м². По нашим данным, в летний сезон на исследуемой территории за 2019 г. на участке Безенгийской стены был зафиксирован 41 сход лавин.

Если учесть, что в этом районе часто совершаются восхождения альпинисты, лавины могут представлять для них большую опасность. Так, 8 августа 2018 г. на участке склона горы Дых-Тау между

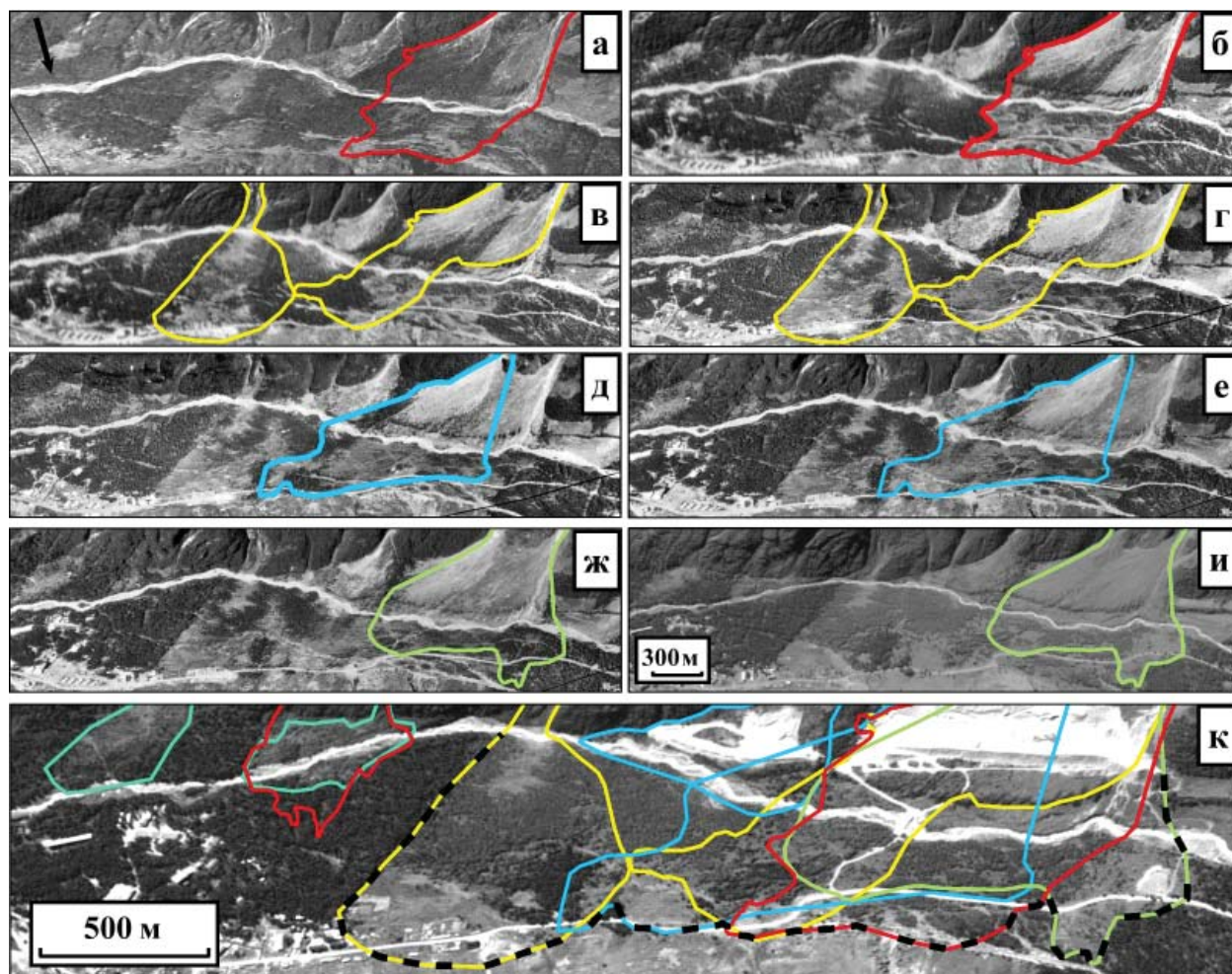


Рис. 4. Границы зон поражения лавинами с горы Чегет с 1957 по 2011 годы.
Аэрофотоснимки: а – 1957 г.; б – 08.09.1973 г.; в – 08.09.1973 г.; г – 1983 г.; д – 1983 г.;
 е – 27.07.88 г.; ж – 27.07.88 г.; **космоснимки:** и – EROS A 20.07.2007 г., к – SPOT 5 21.09.2011 г.

пиком Пушкина и вершиной Дых-Тау при сходе лавины погибли четверо военнослужащих Росгвардии [16]. Данный пример показывает, что в летний сезон сохраняется высокая лавинная опасность как после снегопадов, которые бывают летом на больших высотах, так и в результате обвалов льда. По данным космоснимка WorldView2 от 20.08.2010 г. (Bing Maps), глыбы льда на конусах выноса лавин достигают в поперечнике до 8–10 м.

Лавины с г. Чегет

С горы Чегет несколько раз сходили гигантские лавины, уничтожавшие порой 300-летний лес. По данным [6], 06.12.1973 г. с северного склона г. Чегет сошла катастрофическая лавина. Превышение лавинного очага над дном долины составляет 1 490 м. Средний угол наклона склонов 32°. Общий путь лавины (в горизонтальной проекции) составляет 3,3 км. Лавина перекрыла полностью долину р. Азау (на протяжении 800 м) и ударила о противоположный борт. Воздушная волна дошла до пос. Терскол и выбила стекла в одном из строений на расстоянии 1 100 м от места остановки переднего

фронта. На дне долины (в районе моста через реку Гарабаши на дороге Терскол-Азау) лавина уничтожила взрослый сосновый лес на площади 3,7 га.

На этот участок были подобраны аэрофотоснимки, на которых зафиксирована ситуация до и после схода гигантских лавин и выявлены площади с уничтоженным лавинами лесом. На рис. 4 показаны фрагменты аэрофотоснимков с нанесенными контурами зон поражения лавинами.

В результате дешифрирования аэрокосмической информации с 1957 по 2011 гг. были отобраны аэрофотоснимки с повалом лесного массива, приведенные парами за разные даты на рис. 4 с выделенным цветом конусом выноса лавин.

На рис. 4а и 4б приведено сравнительное дешифрирование аэроснимков 1957 г. и 1973 г., а также схемы катастрофической лавины, приведенной в работе [6]. На основе полученных данных был определен и нанесен контур воздействия лавины 6.12.1973 г. На фрагментах рис. 4в и 4г приведены контуры лавин, сошедших в 1976 г. На фрагментах рис. 4д и 4е приведен контур сошедшей лавины 1987 г., при сравнении аэрокосмических снимков

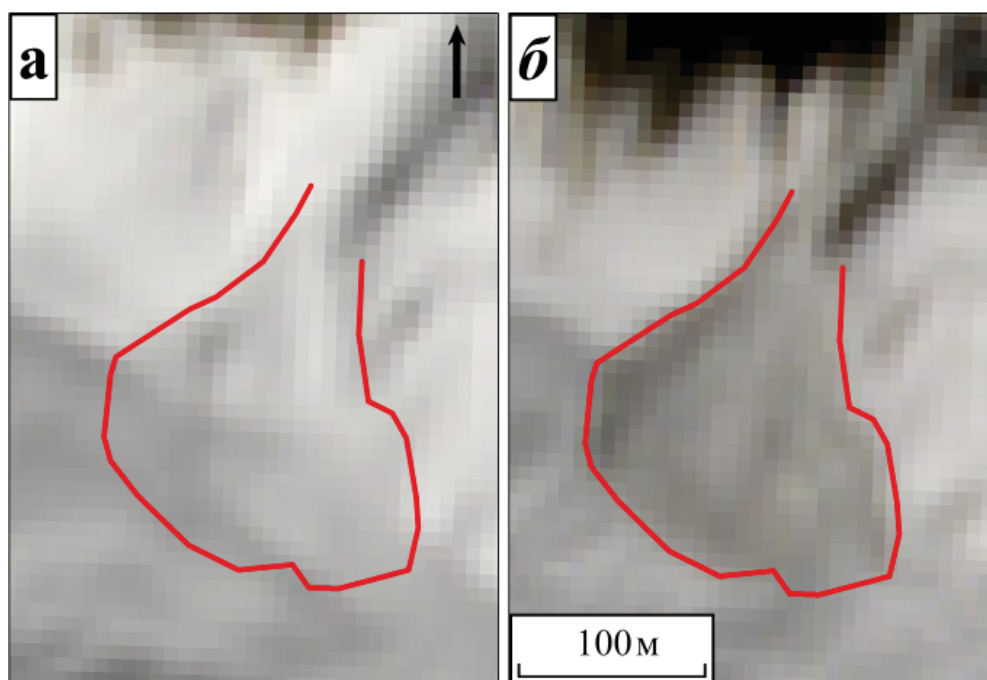


Рис. 5. Следы схода лавины в долине р. Ирик (космоснимки Sentinel-2):
а – 21.03.2018 г.; б – 03.04.2018 г.

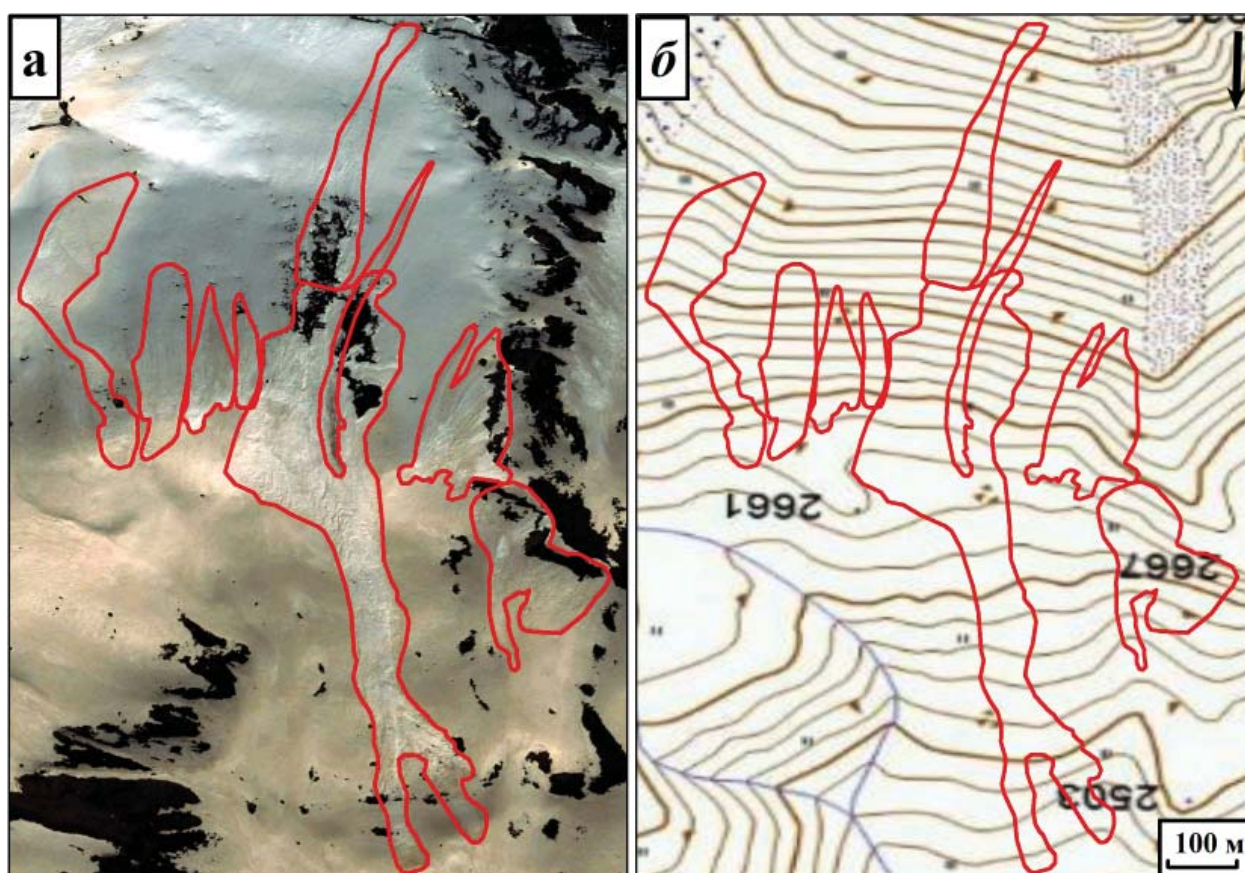


Рис. 6. Контуры лавин на территории склонов долины р. Земегондон:
а – космоснимок Quick Bird с «Google Earth» 22.05.2005 г.; б – фрагмент топокарты с «SASplanet»

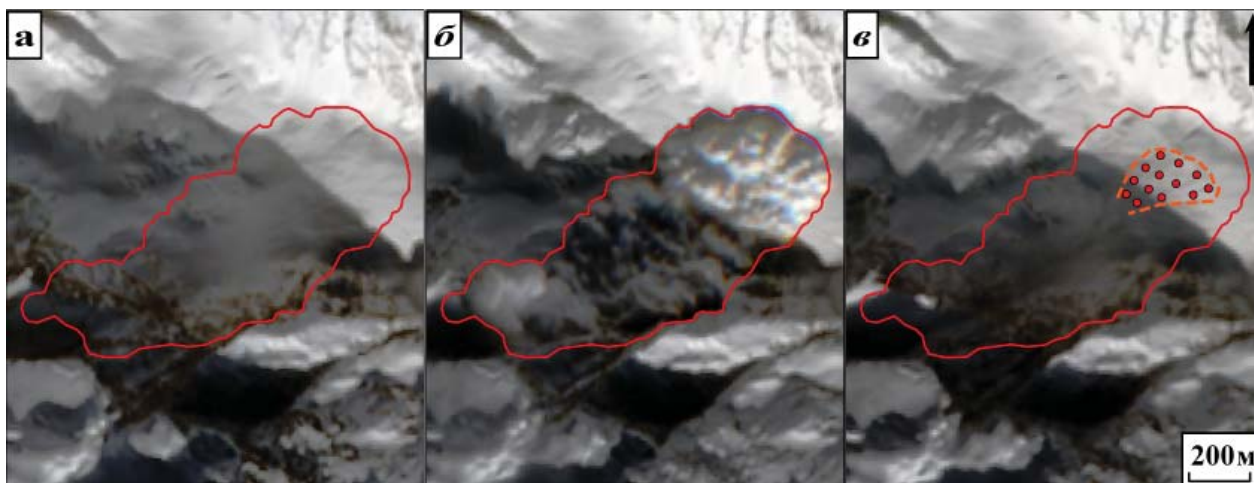


Рис. 7. Участок схода лавины в долине р. Юсенги (космоснимки Sentinel-2):
 а – до схода лавины 10.01.2018 г.; б – в момент схода лавины 20.01.2018 г.; в – после схода лавины 28.01.2018 г., красной линией показаны границы снежно-пылевого облака лавины 20.01.2018 г., штриховой линией и крапом показаны границы зоны отложения лавины

1988 г. и 2007 г. (или 2020), приведенных на рис. 4ж и 4и, выделен зеленым цветом контур лавины 2001 г.

На космоснимке (рис. 4к) разными цветами приведены все контуры лавин. Общая граница определена на основе дешифрирования разновременной аэрокосмической информации по наличию и отсутствию лесного массива. На основе полученных результатов была обведена черной штриховой линией общая граница с максимальной площадью лавин за исследуемый период. Анимация аэрофотоснимков и космоснимков представлена в [19].

Лавина в долине р. Ирик в 2018 г.

Определение схода лавин по космоснимкам в лавиноопасный сезон осложнено плохой различимостью лавинного рельефа на сплошной заснеженной поверхности. На основе дешифрирования космоснимков (рис. 5) с использованием комбинации спектральных каналов Highlight Optimized Natural Color был выявлен факт схода лавины с левого склона долины р. Ирик в конце марта 2018 г. Лавина перекрыла участок реки, что видно по особенностям оттенков серого цвета.

На рисунке 5 красной линией проведены контуры сошедшей лавины. Для сравнения приведен фрагмент космоснимка 5а до схода лавины 21.03.2018 г. и фрагмент космоснимка 5б после схода лавины 03.04.2018 г. Определена площадь зоны отложений – 20 тыс. м².

Следы лавин на пологих участках склонов в долине р. Земегондон

На космоснимках детального разрешения можно выявить случаи сходов небольших лавин (осовов и лавин из точки) на пологих участках склонов, что важно для оценки лавинной опасности горно-лыжных трасс.

Выявлен случай схода многочисленных осовов (рис. 6) на космическом снимке Quick Bird с «Google

Earth» 22.05.2005 г. в Мамисонском ущелье (PCO-A) в долине р. Земегондон. Они представляют угрозу для людей и животных, так как формируются на любых участках склонов с достаточной или незначительной крутизной, имеют ламинарное течение, проходят небольшое расстояние и останавливаются на склоне.

По фактическим следам сорвавшихся осовов на космоснимке были определены их границы, выделенные красным цветом (рис. 6). Выявленные случаи схода небольших лавин примечательны тем, что одновременно сошло 9 осовов и лавин из точки со склонов с нехарактерными для формирования лавин углами наклона менее 25°. Самый крупный из оконтуренных осовов имеет площадь 0,07 км², а самый маленький – 0,003 км². На основе космических снимков есть возможность оценить степень пораженности склонов осовами и лавинами из точки.

Космоснимок Sentinel-2 в момент схода лавины

В результате дешифрирования космоснимков был найден уникальный космоснимок, на котором запечатлен момент схода лавины. На рис. 7 показан участок склона горы Донгузорунбаши в долине р. Юсенги на космоснимках до схода лавины (рис. 7а), в момент схода лавины (рис. 7б) и после схода лавины (рис. 7в).

На всех фрагментах рис. 7 оконтурена сходящая лавина 20.01.2018 г. общей площадью более 0,5 км². Контур зоны отложения лавины заметно меньше, чем контур снежно-пылевого облака лавины. Анимация космоснимков представлена в [17].

Зона зарождения лавины в долине р. Юсенги на космоснимке Sentinel-2

На космоснимках Sentinel-2 очень трудно провести фактические границы зоны зарождения ла-

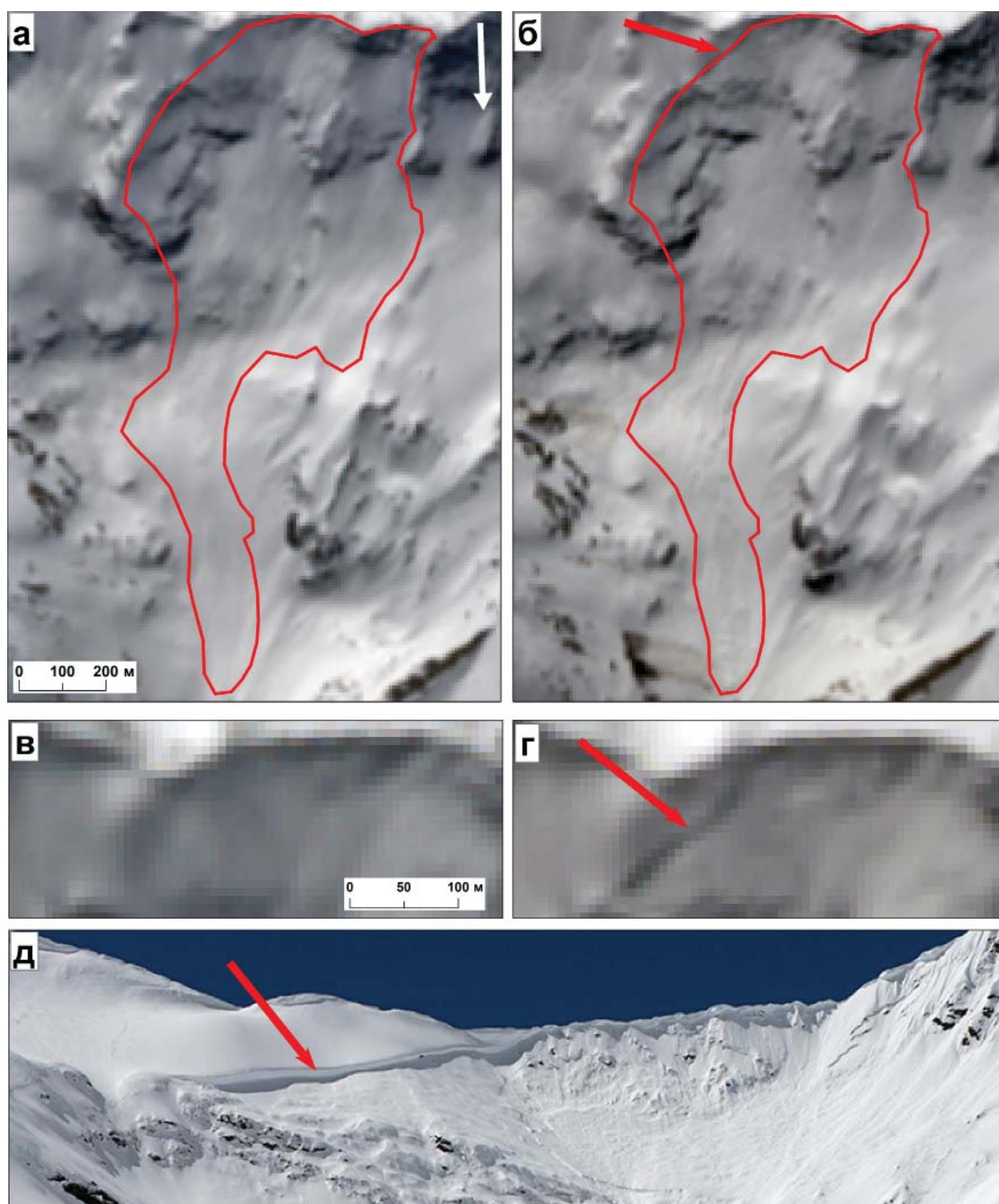


Рис. 8. Следы схода лавины в долине р. Юсенги (космоснимки Sentinel-2):
а – 29.04.2020 г.; б – 12.05.2020 г.; в – 29.04.2020 г. (увеличенный фрагмент);
г – 12.05.2020 г. (увеличенный фрагмент); красной линией обведен контур со-
шедшей лавины; д – 18.05.2020 г. (фото Кирины Лагодиенко);
красными стрелками показана линия отрыва лавины

вины. Сравнение с наземными фотографиями позволило это сделать.

На основе дешифрирования снимков Sentinel-2 (рис. 8) и сравнения с наземной фотографией была выявлена линия отрыва лавины с правого склона в верховье долины р. Юсенги и границы зон транзита и отложений.

На рис. 8 приведены два фрагмента космического снимка: 29.04.2020 г. – до схода лавины и 12.05.2020 г. – после схода лавины (рис. 8а, б) и их увеличенные фрагменты на участок линии отрыва (рис. 8в, г). Красной линией показан контур данной лавины площадью 55 тыс. м². Приведена наземная фотография (рис. 8д) участка линии отрыва лавины 18.05.2020 г. На основе дешифрирования космических снимков установлено, что сход лавины был между 29.04.2020 г. и 12.05.2020 г. Снег сошел со всей площади зоны зарождения. Длина пути лавины 1 700 м.

ВЫВОДЫ

Приведенные выше результаты дешифрирования разновременных космоснимков и аэрофотоснимков демонстрируют возможности оценки лавинной активности и лавинной опасности на основе данных аэрокосмических снимков и построенных на их основе GIF-анимаций и векторных слоев.

По данным космоснимков и аэрофотоснимков были определены:

- лавины с максимальной дальностью выброса на участке с минимальным углом наклона зоны транзита,
- многочисленные осовы и лавины из точки на пологих участках склонов,
- границы лавин на участках с заснеженной поверхностью,
- границы зон поражения спорадических лавин по участкам поваленного леса,
- активность лавин в летний период,
- границы зон зарождения, транзита и аккумуляции лавин и их параметры,
- граница снежно-пылевого облака,
- участки массового схода лавин.

Космические снимки позволяют определять приблизительную дату схода лавины.

Перечисленные данные очень важны для оценки лавинной активности и опасности территорий, на которых не проводятся полевые наблюдения, и которые будут осваиваться в будущем. В дальнейшем полученную информацию о лавинах можно использовать при составлении карт лавинной опасности и лавинной активности с уточнением границ лавиноопасных территорий, при проектировании объектов рекреации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акифьева К.В. Лавинная опасность Западного и Центрального Кавказа по материалам дешифрирования аэрофотоснимков. Материалы V Закавказской научной конференции по изучению снежного покрова снежных лавин и ледников Кавказа. // Труды Закавказского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Вып. 58(64). С. 147–158. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
2. Алейников А.А., Володичева Н.А., Олейников А.Д., Пётраков Д.А. Ледниковая и лавинная опасности рекреационного комплекса «Чегетская поляна» в Приэльбрусье. // Лёд и Снег, 2011, № 2 (114). С. 45–52.
3. Викулина М.А. Оценка лавинной активности, опасности и риска: на примере Хибин. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. 24 с.
4. Залиханов М.Ч. Снежно-лавинный режим и перспективы освоения гор Кабардино-Балкарии. – Нальчик: Эльбрус, 1971. 192 с.
5. Золотарев Е.А. Содержание и методика составления крупномасштабной оценочной карты лавинной опасности (на примере Приэльбрусья) // Лавины Приэльбрусья. – М., 1980. С. 69–80.
6. Золотарев Е.А. Эволюция оледенения Эльбруса: Картографо-аэрокосмические технологии гляциологического мониторинга. – М.: Научный мир, 2009. 238 с.
7. Кадастр лавинно-селевой опасности Северного Кавказа // Под ред. М.Ч. Залиханова. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 112 с.
8. Методическое пособие по дешифрированию аэрофотоснимков при изучении лавин. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. 50 с.
9. Мискарова Р.Г., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Хаткутов А.В. Исследование лавинной активности на основе анализа разновременной аэрокосмической информации (на примере долины р. Ирик, Центральный Кавказ) // Вестник Владикавказского научного центра. 2019. Т. 19. № 3. С. 58–65.
10. Мискарова Р.Г., Докукин М.Д., Севернюк Е.А., Хаткутов А.В., Калов Р.Х., Остапцов О.В. Оценка активности опасных природных процессов в ущелье Юсенги (Приэльбрусье, Центральный Кавказ) // Вестник Владикавказского научного центра. 2020. Т. 20. № 2. С. 63–73.
11. Мискарова Р.Г., Докукин М.Д. Массовый сход лавин в марте 2018 года в Приэльбрусье Кабардино-Балкарской республики // Грозненский естественнонаучный бюллетень. Владикавказ: Издательско-полиграфический центр СОИГ-СИ, 2018, Том III, № 6 (14). С. 41–45.
12. Олейников А.Д., Володичева Н.А. Об увеличении лавинных катастроф в районах деградации горного оледенения // МГИ, 2005. Вып. 99. С. 89–93.
13. Родионова П.М., Турчанинова А.С., Сократов С.А., Селиверстов Ю.Г., Глазовская Т.Г. Методика учета лавинной опасности при территориальном планировании в России // Лёд и Снег. 2019, № 59(2). С. 245–257.
14. Селиверстов Ю.Г. К вопросу об изменении лавинной активности и лавинного риска на территории России. // МГИ, 2012. Вып. 1. С. 45–50.
15. СП 428.1325800.2018. Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2019. 36 с.
16. URL: <https://www.interfax.ru/russia/624611>
17. URL: <https://twitter.com/inrushmd/status/1000731503469441024>
18. URL: <https://twitter.com/inrushmd/status/1117295570945703936>
19. URL: <https://twitter.com/inrushmd/status/1315659352179646465>

REFERENCES

1. Akifueva K.V. Avalanche hazard of the Western and Central Caucasus based on the aerial photointerpretation. Materials of the V Transcaucasian scientific conference on the study of the snow cover of snow avalanches and glaciers of the Caucasus. L.: Hydrometeorological Research, 1974. Proceedings of the Transcaucasian Research Hydrometeorological Institute. Issue 58(64) – P. 147-158
2. Aleinikov A.A., Volodicheva N.A., Oleinikov A.D., Petrakov D.A. Glacier and avalanche hazards of the «Chegetskaia Polyana» recreational complex in Prielbrusye M.: Ice and Snow, 2011, No. 2 (114) – P.45-52
3. Vikulina M.A. Avalanche activity, danger and risk assessment: using the example of Khibin mountains. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of geographical sciences. M.: Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2009. 24 p.
4. Zalikhanov M.Ch. Snow-avalanche regime and perspectives for the development of the mountains of Kabardino-Balkaria. Nalchik: Elbrus, 1971. 192 p.
5. Zolotarev E.A. Content and methodology for compiling a large-scale avalanche hazard assessment map (using the example of Prielbrusye)//Avalanches of Prielbrusye. – M.: 1980. – P. 69-80.
6. Zolotarev E.A. Evolution of the glaciation of Elbrus: Cartographic and aerospace technologies of glaciological monitoring. – M.: Scientific world. 2009. 238 p.
7. Avalanche-mudflow hazard cadastre of the North Caucasus // Edited by M.Ch. Zalikhanov. St. Petersburg: Hydrometeoisdat, 2001. 112 p.
8. Manual on aerial photointerpretation in studies of avalanches. L.: Hydrometeoisdat. 1980. 50 p.
9. Miskarova R.G., Dokukin M.D., Kalov R.Kh., Khatkutov A.V. The study of avalanche activity based on the analysis of different-time aerospace information (using the example of the valley of the river Irik, Central Caucasus) // Herald of the Vladikavkaz Scientific Center. 2019. T.19. NO. 3. – P. 58-65
10. Miskarova R.G., Dokukin M.D., Savernyuk E.A., Khatkutov A.V., Kalov R.Kh., Ostaptsov O.V. Assessment of the activity of hazardous natural processes in the Yusengi canyon (Prielbrusye, Central Caucasus) // Herald of the Vladikavkaz scientific center. 2020. T.20. NO. 2. – P. 63-73
11. Miskarova R.G., Dokukin M.D. Massive release of avalanche in March 2018 in the Prielbrusye region of the Kabardino-Balkarian republic // Grozny Natural Science Herald. Vladikavkaz: Publishing and Printing Center SOIGSI, 2018, Volume III, No. 6 (14) – P. 41-45
12. Oleinikov A.D., Volodycheva N.A. On increasing avalanche disasters in areas of degradation of mountain glaciation // MGI, 2005. Issue. 99. – P. 89-93
13. Rodionova P.M., Turchaninova A.S., Socrates S.A., Seliverstov Yu.G., Glazovskaya T.G. Method of accounting for avalanche danger in territorial planning in Russia. Ice and Snow. 2019, No. 59(2) – P. 245-257
14. Seliverstov Yu.G. To the question of changing avalanche activity and avalanche risk in Russia. MGI. 2012. Issue. 1. – P. 45-50
15. SP 428. 1325800.2018. Engineering surveys for construction in avalanche hazardous areas. General requirements. M.: Standardized. 2019. 36 p.
16. URL: <https://www.interfax.ru/russia/624611>
17. URL: <https://twitter.com/inrushmd/status/1000731503469441024>
18. URL: <https://twitter.com/inrushmd/status/1117295570945703936>
19. URL: <https://twitter.com/inrushmd/status/1315659352179646465>

