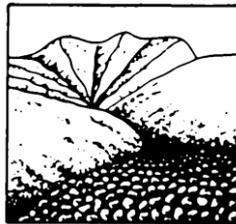


# **DEBRIS FLOWS: Disasters, Risk, Forecast, Protection**

---

Proceedings  
of the 5<sup>th</sup> International Conference

Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018



Editors  
S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

---

Publishing House “Universal”  
Tbilisi 2018

# **СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ: катастрофы, риск, прогноз, защита**

---

Труды  
5-й Международной конференции

Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г.



Ответственные редакторы  
С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили

---

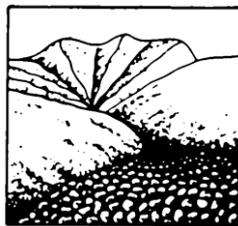
Издательство Универсал  
Тбилиси 2018

# ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა

---

მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის  
მასალები

თბილისი, საქართველო, 1-5 ოქტომბერი, 2018



რედაქტორები  
ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი

---

გამომცემლობა "უნივერსალი"  
თბილისი 2018

УДК 551.311.8  
ББК 26.823

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды 5-й Международной конференции. Тбилиси, Грузия, 1-5 октября 2018 г. – Отв. ред. С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили. – Тбилиси: Универсал, 2018, 671 с.

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the 5th International Conference. Tbilisi, Georgia, 1-5 October 2018. – Ed. by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2018, 671 p.

**ღვარცოფები: კატასტროფები, რისკი, პროგნოზი, დაცვა.** მე-5 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. თბილისი, საქართველო, 1–5 ოქტომბერი, 2018. გამომცემლობა "უნივერსალი", თბილისი 2018, 671 გვ. პასუხისმგებელი რედაქტორები ს.ს. ჩერნომორეც, გ.ვ. გავარდაშვილი.

Ответственные редакторы С.С. Черноморец, Г.В. Гавардашвили  
Edited by S.S. Chernomorets, G.V. Gavardashvili

Верстка: С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева, Е.А. Савернюк  
Page-proofs: S.S. Chernomorets, K.S. Viskhadzhieva, E.A. Savernyuk

При создании логотипа конференции использован рисунок из книги С.М. Флейшмана «Селевые потоки» (Москва: Географгиз, 1951, с. 51).  
Conference logo is based on a figure from S.M. Fleishman’s book on Debris Flows (Moscow: Geografiz, 1951, p. 51).

ISBN 978-9941-26-283-8

© Селевая ассоциация  
© Институт водного хозяйства им. Ц. Мирцхулава  
Грузинского технического университета

© Debris Flow Association  
© Ts. Mirtskhulava Water Management Institute  
of Georgian Technical University

© ღვარცოფების ასოციაცია  
© საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ც. მირცხულავას სახელობის წყალთა  
მეურნეობის ინსტიტუტი



## Взаимосвязь проявлений сейсмичности и селевой деятельности в Хибинском низкогорном массиве, Кольский полуостров, Россия

**Е.В. Гаранкина, А.А. Лукашов**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, evgarankina@gmail.com, smoluk@yandex.ru*

Установлена связь катастрофических по объемам и транспортируемых на относительно короткие дистанции селевых грубообломочных выбросов и зон активных сеймотектонических преобразований в северных и южных Хибинах. Землетрясения провоцировали интенсивные древние селевых события, видимо, на этапе раннеголоценовой гляциоизостазии. Молодые выбросы ВСП за пределы собственных водосборов, предположительно, вызваны сейсмическими толчками в западных Хибинах. Таким образом, взаимодействие селевых и сейсмических событий в Хибинах может быть прослежено с конца позднего плейстоцена до наших дней.

*селевые процессы, водоснежные потоки, селевой бассейн, сейсмичность, сейсмодетформации, сейсмодислокации, тектонические нарушения, новейшие поднятия, горы, Хибины, Кольский полуостров*

## Relationship between seismic and debris flow manifestations in Khibiny low mountains, Kola peninsula, Russia

**E.V. Garankina, A.A. Lukashov**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia evgarankina@gmail.com, smoluk@yandex.ru*

Association of debris flow episodes of catastrophic volume and short-distance transit and active zones of seismotectonic landscape transformations is established in the Northern and Southern Khibiny. Earthquakes triggered high-magnitude debris flows apparently during the Early Holocene glacioisostatic uplift. Recent seismic shakes allegedly caused younger slushflow outbursts into main river basins in the Western Khibiny. Thus, interrelation of debris flow and seismic events in the Khibiny could be traced from end of the Late Pleistocene up until now.

*debris flows, slushflows, debris flow basin, seismicity, seismic deformations, seismic dislocations, tectonic faults, uplift, mountains, Khibiny, Kola*

### Введение

Хибинские тундры – изолированные горы (высшая точка 1201 м) на Кольском полуострове приурочены к эродированному массиву щелочных пород палеозоя. После геологически длительной эпохи тектонического покоя неотектоническое поднятие сформировало и оживило здесь сеть разрывных нарушений, активность которых подчеркивают современная сейсмичность и следы древних землетрясений (палеосейсмодетформации). Территория относится к области относительных новейших поднятий со скоростями  $+4...+6 \pm 1$  мм/год [Пожиленко и др., 2002]. В краевых частях, где



воздымание массива контрастирует с компенсационным прогибанием равнин, сформировались зоны сейсмодислокаций. Раздробленные борта крупных долин и внешние склоны Хибин, унаследовавшие амплитудные тектонические нарушения, являются ареной энергичных обвалов, камнепадов, осыпей [Ананьев, 1998; Романенко и др., 2011]. Местами рыхлый чехол с них полностью сорван, а у подножия встречаются тела древних сейсмообвалов и зоны тектонического «встряхивания» в днищах.

Считается, что рисунок долинной сети Кольского полуострова унаследован с доледникового времени, а современный облик горных долин обусловлен ледниковой обработкой и аккумуляцией моренных и флювиогляциальных толщ, расчлененных наложенной эрозией сетью [Арманд, 1960; Пожиленко и др., 2002]. Однако многолетние исследования [Романенко и др., 2011; Беляев и др., 2018] показывают важную, а местами и ведущую роль селевых процессов в преобразовании рельефа долин на постледниковом этапе. Микросотрясения могут провоцировать водокаменные сели и водоснежные потоки (ВСП) [Черноморец, 2005]. Следы последних обнаруживаются в долинах Хибин всех порядков [Перов, 1966; 1999; Сапунова, Сапунов, 1979], тогда как признаки типичных селей – реже. Здесь выявлено более 200 очагов развития ВСП, активных на протяжении последнего полувека, и установлены основные генетические особенности ВСП [Водоснежные ..., 2001; Hestnes, Kristensen, 2010].

Современная и палеодинамика ВСП, взаимодействие с прочими экзогенными процессами, пораженность бассейнов и угроза проявлений ВСП в зависимости от сочетания геолого-геоморфологических, сейсмотектонических и климатических условий остаются недостаточно исследованными. Катастрофические проявления ВСП представляют угрозу для горнодобывающей, транспортной, туристической инфраструктуры и жизни людей. Изучение строения ряда селеносных хибинских долин позволяет говорить, что повторяемость и мощность ВСП (и прочих селевых явлений) зависит от морфологии, истории развития и возраста бассейнов [Беляев и др., 2018].

Исследование направлено на сопоставление морфологических следов сейсмической активности и селевой деятельности в Хибинских горах. Для этого рассмотрены сейсмические условия Хибин, особенности их проявления в современном рельефе гор и прилегающих равнин; определены зоны активных сейсмотектонических преобразований; выявлены среди форм аккумулятивного селевого рельефа те, чьи параметры, состав либо геоморфологическая позиция не отвечают интенсивности нормальных ВСП; проанализировано их распространение в пределах выделенных зон активных сейсмодислокаций.

### Объект исследования

*Сейсмичность Хибин* связана с коровыми гипоцентрами, располагающимися обычно на глубинах 5-25 км. По данным сейсмомониторинга в период с 1998 по 2009 годы, Хибинский и Ловозерский массивы приурочены к одной из главных сейсмогенных зон Кольского п-ова. Данная зона – полоса северо-восточного простирания, отслеживаемая от района озера Паанаярви через куттовую часть Кандалакшской губы до низовий р. Харловки. Магнитуда землетрясений в пределах Кольского севера за последние 600 лет редко превышала 5. Однако в линейных зонах, ограничивающих локальные поднятия и разделяющих крупные структуры, фиксируются многочисленные резкие неогенные дислокации. Их морфологическая выраженность указывает на голоценовые сейсмические события более высоких энергетических классов. Рассчитанные специалистами Горного института Кольского научного центра РАН значения интенсивности колебаний земной поверхности в результате ряда землетрясений превышают 7 баллов, положенных в основу карт сейсмического районирования 1997 года [Калашиник, Максимов, 2016].

Деформации района обусловлены интерференцией разнонаправленных движений, в том числе – и гляциоизостатической природы. Интенсивные сводово-глыбовые



поднятия узловых очаговых структур (Хибинские и Ловозерские тундры) контрастируют с унаследованным, частично новообразованным относительным опусканием прилежащих озёрных котловин Имандры, Умбозера, Ловозера. В Хибинском и Ловозерском массивах донеогенный пенеплен Балтийского щита поднят за неоген-четвертичное время на 600-1100 м [Граве М.К., Граве Л.М., 1971]. Днища компенсационно опущенных озёрных грабен погружены на 50-150 м относительно уровня Прихибинской равнины.

В ходе неотектонического этапа развития земной коры происходило дробление и неравномерное воздымание отдельных глыб и блоков Хибин, которым соответствуют разновысотные полуизолированные возвышенности. Блокоразделяющие нарушения демонстрируют амплитудный характер, причем проявляет себя как сбросово-взбросовая, так и сдвигово-раздвиговая кинематика. В рельефе краевых зон Хибинского массива местами развиты лабиринтоподобные зоны свежих дизъюнктивных нарушений [Николаева, 2014] (рис. 1). Отдельные сейсмодислокации фиксируются и вдоль зон «сквозных» блокоразделяющих нарушений, пересекающих всю островную горную страну.

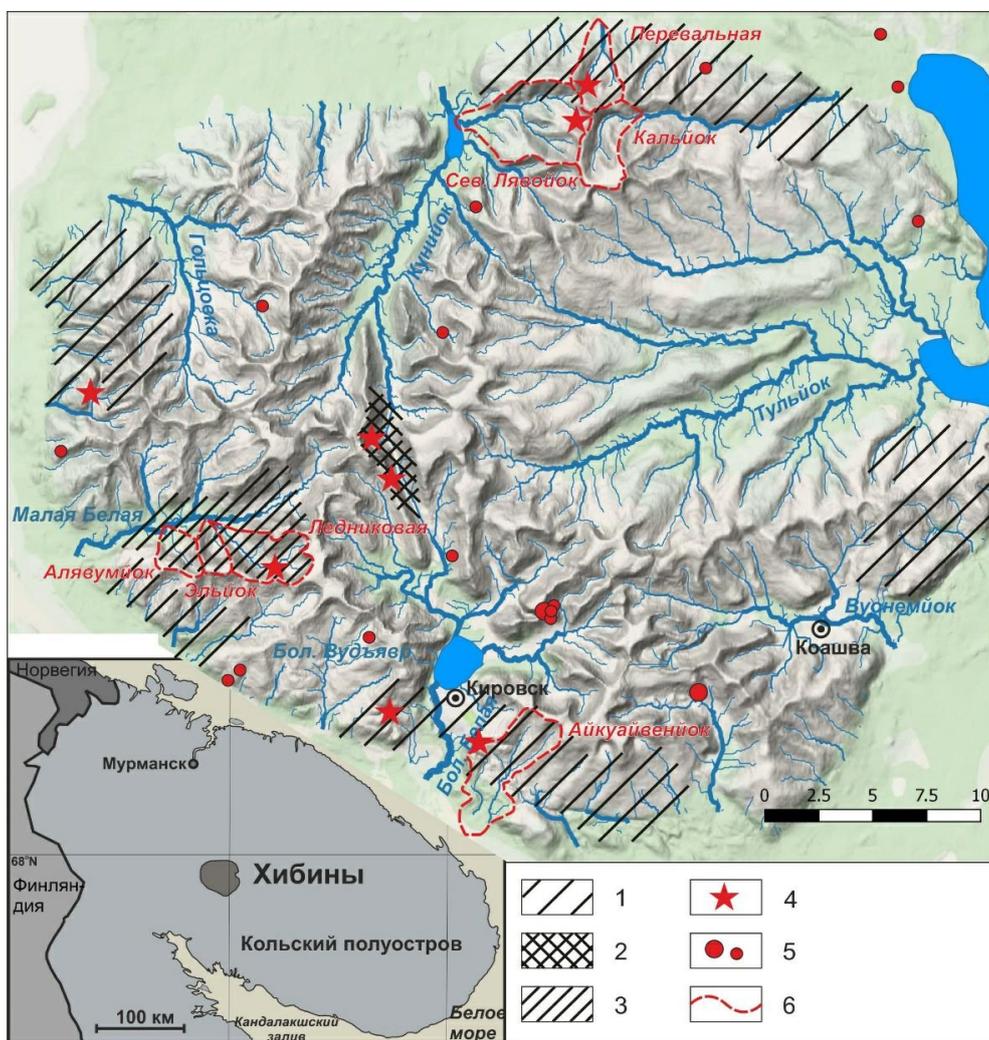


Рис. 1. Следы сеймотектонических и селевых событий в Хибинском горном массиве (по Авенариус, 1989; Николаева, 2003, 2014; Романенко и др., 2004 с изменениями). Условные обозначения: районы развития сейсмодислокаций в пределах: 1 – краевых дизъюнктивных зон массива; 2 – сквозного блокоразделяющего нарушения; 3 – контрастных зон блокоразделяющих нарушений. 4 – зоны наиболее крупных сейсмообвалов. 5 – эпицентры землетрясений с магнитудами 0.19-2.8. 6 – исследованные селевые бассейны



*Селевые явления Хибин* принадлежат Кольской селевой области холодной зоны – региону развития климатически обусловленных селевых явлений средней активности, снегового и дождевого (с преобладанием снегового) типа [Perov et al., 2017]. Здесь господствует подтип водоснежных потоков, формирующихся в водотоках преимущественно первых порядков. Селевой период продолжается с мая по август, его пик приходится на май-июнь. Средняя площадь селевых водосборов составляет 6 км<sup>2</sup>, средний уклон «селенесущих» водотоков - 122‰. Длина потоков достигает 3,5 км, объём глыбово-щебнисто-мелкозёмистых масс – совокупно с фирновой толщей – может составить до 50 тыс. м<sup>3</sup>, мощность свежих селевых выбросов достигает 7 м [Перов, 1966].

ВСП принципиально отличаются от типичных селей преобладанием смеси комков и зерен снега с водой (20-70%) и низким содержанием обломочного материала (<5–12% объема), что обуславливает их низкую плотность. Тем не менее, они обладают высокой эродирующей способностью за счет кинетической энергии фронта волн. После таяния зоны разгрузки фиксируются одиночными обломками или маломощным (до 0,5 м) слоем несортированного грубого материала ячеистой текстуры [Водоснежные..., 2001; Chernous, 2006; Hestnes, Kristensen, 2010]. В зоне транзита часты размывы и заплески снежно-обломочной массы на поворотах потока, где его фронтальная часть ударяется в борта долин или эрозионных врезов.

### Результаты и обсуждение

Материал наших 25-летних исследований позволяет выявить отчётливые морфологические следы мощных сейсмических и селевых событий голоцена и признаки их взаимосвязи в наиболее активных зонах Хибинских гор (рис. 1).

#### *Южные Хибины (бассейн рек Большой Белой и Айкуайвенйока)*

Наибольшая пространственная плотность сейсмодислокаций приурочена к зоне Южно-Хибинских дислокаций, выделенной И.Г. Авенариус [1989] и прослеженной нами на более чем 20 км – от среднего течения р. Ловчоррйок до южных отрогов массива Вудъяврчорр. Лабиринт тектонических ущелий общего западно-северо-западного направления включает как плейстоценовые элементы, днища которых частично заполнены мореной последнего покровного оледенения, так и свежие расколы с отвесными первично-тектоническими бортами, на которых часты «выколы», камины и зияющие трещины (рис. 2а).

Эпицентр одного из землетрясений явственно запечатлен свежим шлейфом сейсмообвалов и максимальной раздробленностью скальных стенок голоценовых ущелий (рис. 2б). Здесь локализована и одна из крупнейших зон торможения селевых потоков, зарождающихся в истоках Айкуайвенйока. В двучленном селевом очаге, эпизодически выступающем и в роли очага ВСП, на юго-западных склонах Айкуайвенчорра в диапазоне абс. высот 800-900 м сосредоточена частично замороженная морена каровых ледников. Сотрясение рыхлых масс – при благоприятном ходе весенних метеорологических элементов, как показывает опыт изучения таких явлений на Кавказе [Черноморец, 2005], в состоянии мобилизовать достаточные объёмы вещества. Аккумулятивное тело в верховьях Айкуайвенйока прослеживается на расстоянии до 1,5 км при ширине 200 м непосредственно перед резким поворотом реки. Система параллельных современному руслу и кулисно располагающихся валунных грив создаёт рисунок «селевого гравирования» поверхности (рис. 2г).

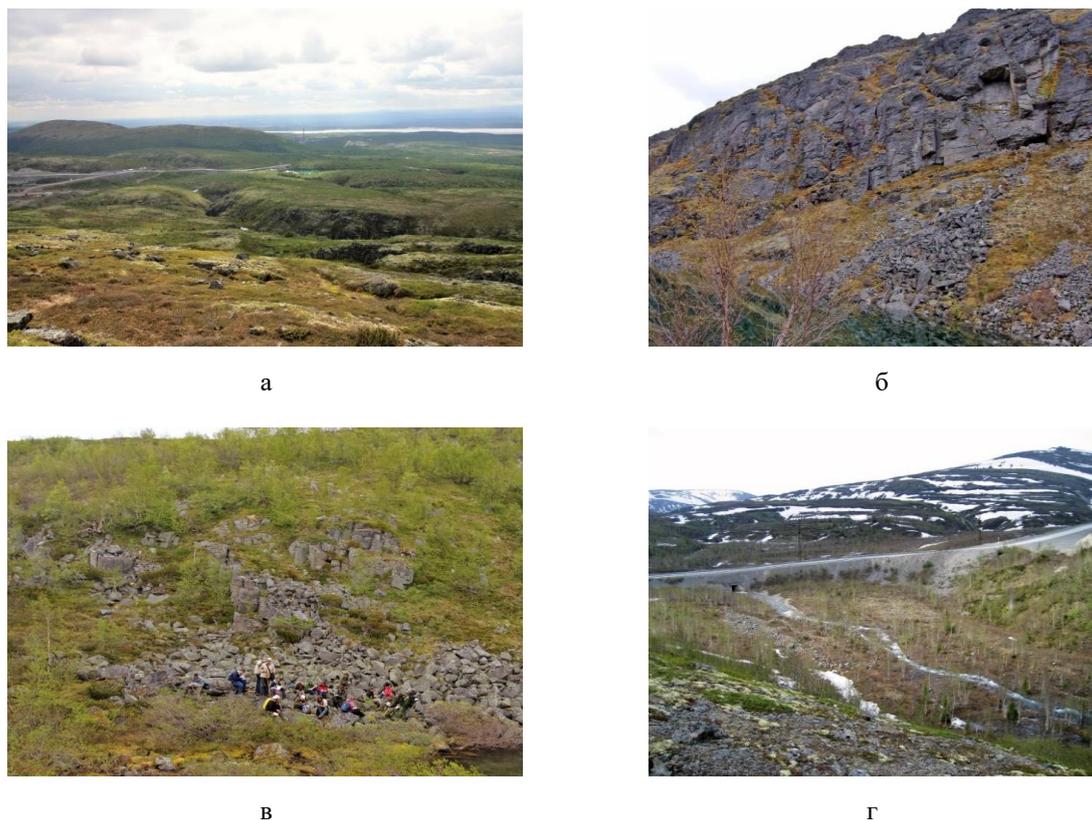


Рис. 2. Зона Южно-Хибинских дислокаций: а) подножие Айкуайвенчорра (фото Н. Новиковой); б-в) камин, зияющие трещины и стенка тектонического ущелья, разрушенного сейсмическим воздействием (фото И. Доценко и Е. Гаранкиной); г) зона торможения селевых потоков и ВСП в днище долины Айкуайвенйока (фото А. Лукашова).

Ещё один селевой эпизод, спровоцированный сейсмообвалом, датируемым 3940-3630 лет до н.э., оставил специфический морфологический и гидрографический след в верхнем течении левого притока р. Бол. Белой [Романенко и др., 2011]. В верховьях сохранилась стенка срыва катастрофического обвала, приведшего к выплеску из небольшого озера (тектонического и в то же время моренно-подпрудного происхождения) практически всей его водной массы (рис. 3). Селевая волна распространилась на 1,5 км южнее, оставив по выходе из ущелья, у подножия массива сложно построенный, лопастевидный конус. На его наклонной к югу поверхности веерообразно расходятся песчано-валунно-глыбовые гряды шириной до 30 м и высотой до 2 м. Конус прижал водоток к правому борту долины, подпрудив небольшой правый приток и постепенно превратив его днище в озёрно-болотную ложбину. Низы накопившейся в ней 2-х-метровой толщи торфа датированы указанным временем, по-видимому, дающим представление о моменте стабилизации после схода сейсмогенного селя.

Выплеск водной массы озера ударом лавины в сейсмичной зоне может быть причиной эпизодического возникновения ВСП на правобережье р. Бол. Белой в створе г. Кировска. Западный фланг Южно-Хибинских дислокаций представлен двумя сближенными субширотными тектоническими ущельями. Здесь, у юго-юго-восточного подножия Вудъяврчорра сформировался своеобразный динамический аппарат, включающий лавинный лоток эрозионного происхождения, стометровое озеро тектонической природы и коленчатый в плане аномально глубокий (до 20 м) свежий V-образный эрозионный врез, выводящий к зоне торможения ВСП (рис. 4).



Рис. 3. Зона зарождения селя под стенкой срыва сейсмообвала в верховьях притока р. Бол. Белой, 3 км южнее г. Кировска. Фото С. Яровой.



Рис. 4. Динамический аппарат, объединяющий желоб руч. Лавинного, оз. Неправильное и эрозионный врез, эпизодически канализирующий ВСП (на среднем плане слева). Фото А. Лукашова.

### *Северные Хибины (бассейн р. Куны)*

Район слабо изучен в отношении катастрофических процессов и, в отличие от южных и западных частей массива, слабее подвергся воздействию оледенения, что позволяет рассматривать историю его развития как пример преобладания флювиально-пролювиальных процессов в формировании рельефа долин.

В верховьях Сев. Лявойока, Перевальной и Кальйока расположен узел мощных сейсмодетформаций. Его маркируют крупные тела сейсмообвалов под крутыми стенками каров, холмисто-западинный рельеф сеймотектонического «встрягивания» и зияющие трещины на раздробленных бортах долин (рис. 5а-в). В то же время малые притоки Сев. Лявойока (рис. 5г) и верховья Перевальной осложняют крупные конусы выноса, не сопоставимые с современной флювиальной и селевой активностью. Они смещены на расстояния  $\leq 200-500$  м, достигая 5-10 м высоты.

Яркий пример – накопление супесчано-щебнисто-глыбовой толщи в верховьях нижнего левого притока Сев. Лявойока (рис. 6). Здесь скальный цоколь перекрыт восьмиметровой селевой пачкой, выброшенной из водосборной воронки при катастрофическом, возможно, сейсмически спровоцированном событии давностью более нескольких веков (судя по характеру лесной растительности). Причиной его могло стать совокупное гляциоизостатическое поднятие и тектоническое «всплывание» Хибинской интрузии. Масса обводнённого материала «соскользнула» по наклонному скальному руслу и остановилась на участке его выполаживания. Этому предшествовала меньшая по объемам аккумуляция в среднем течении. Оба аккумулятивных уровня ныне прорезаны ручьем, а самые свежий пролювиальный материал выбрасывается вплоть до низовьев.

### *Западные Хибины (бассейн р. Мал. Белой)*

Испытав интенсивное воздействие горных и покровных ледников, бассейн р. Мал. Белой богат цирками и трогами с комплексом ледниковых отложений. Большая его часть – арена действия мощных гравитационных процессов, интенсивнее протекающих на отвесных бортах главной долины и ее притоков и обусловленных сеймотектонической активностью крупного блокораздела.

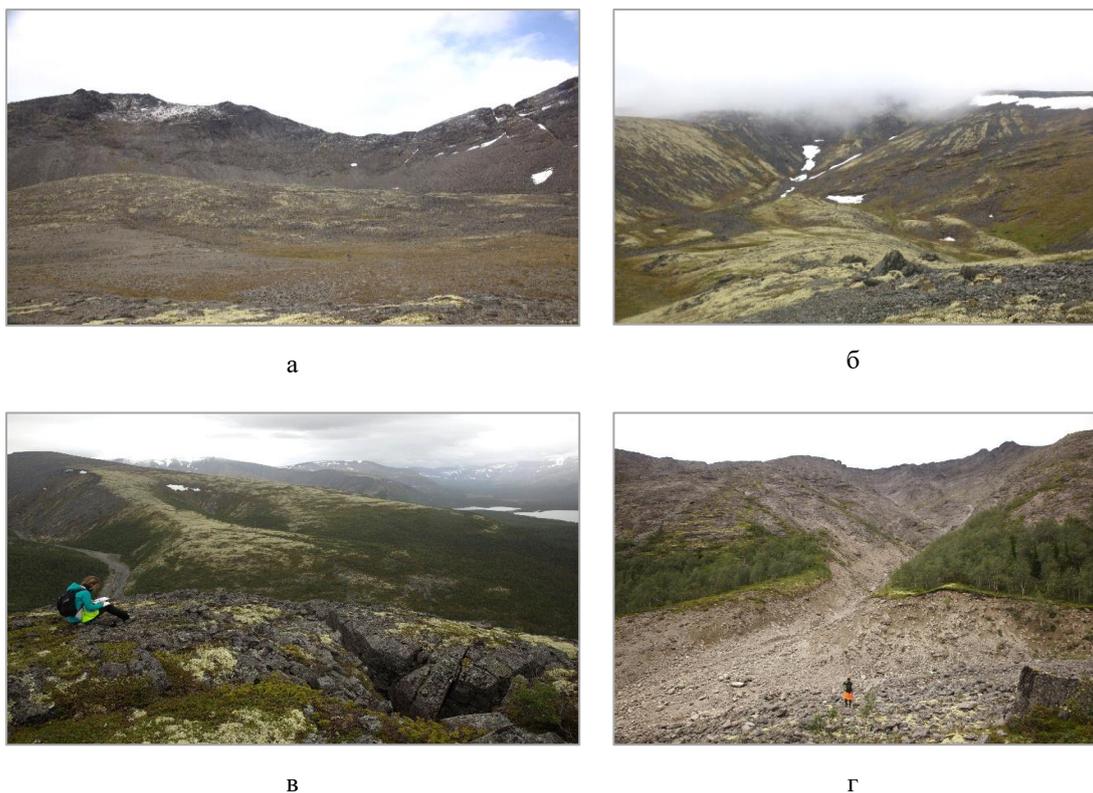


Рис. 5. Следы проявлений сейсмической и селевой деятельности в Северных Хибинах: а) сейсмообвал в Северолявойокском каре; б) холмисто-западинный рельеф сеймотектонического «встряхивания» в днище долины р. Перевальной с наложенным конусом ВСП; в) зияющие трещины на правом раздробленном борту долины Сев. Лявойока и г) мощный древний конус соседнего малого правого притока. Фото Е. Гаранкиной.



Рис. 6. Селевая толща и венчающая ее цементированная щебнисто-глыбовая пачка в верховьях левого нижнего притока Сев. Лявойока. Фото А. Халяпина.

Малые долины на ее левобережье несут следы интенсивных селепроявлений. В верхнем и среднем течении, в силу высоких скоростей ВСП в зоне транзита, рыхлый чехол полностью сорван со скального ложа (рис. 7б). А мощные выбросы селевого материала из соседних малых долин отложились в широких днищах принимающих трогов (рис. 7а). Поперечники конусов достигают 150-400 м, превышения – 10-15 м над перепиливающими их водотоками. Их валунно-глыбовая поверхность практически не задернована (рис. 7г). Конус в долине Мал. Белой обнаружен на аэрофотоснимках конца 1950-х гг. и на первых схемах Хибинского массива конца 1920-х – начала 1930-х гг., что



позволяет говорить о мощном выплеске ВСП не ранее начала прошлого века. Изначально он имел форму слегка изогнутой капли, «падающей» на север. Наложение современных границ незалесенной поверхности показало, что он значительно зарос по краям криволесьями. Его толща подрезана водотоком и на глубину 5 м демонстрирует несколько наложенных генераций селевых наносов (рис. 7в), постепенно отгеснивших само русло ручья к востоку. Селевой конус опирается на заболоченную поверхность, поросшую еловым лесом с замшелыми глыбами, ложбинками и протоками. Сквозь 1,5-метровый уступ вода фильтруется в мелкие озерца. Полоса шириной 50-120 м между краем молодого конуса и берегом Мал. Белой относится к более древней селевой аккумуляции. Она перекрывает пойму реки и некогда отодвинула ее русло до 300 м к северо-западу.



а



б



в



г

Рис. 7. Долина Алявумйока: а) конус выноса в днище долины р. Мал. Белой и транзитно-аккумулятивная зона ВСП (фото Е. Бутузовой); б) зона зарождения и транзита ВСП (фото Д. Лобачевой); в) зона торможения ВСП (фото В. Беляева); г) молодой валунно-глыбовый конус (фото Е. Гаранкиной).

### Заключение

Значительный объем переносимого материала, достаточно высокая повторяемость ВСП и селей – на фоне заметной сейсмической активности региона, практическое отсутствие «нормальных» русловых форм в горных долинах Хибин позволяет рассматривать ВСП и сели в качестве ведущих агентов перераспределения материала в днищах. Установлена определенная связь катастрофических по объемам и транспортируемых на относительно короткие дистанции селевых грубообломочных выбросов и зон активных сеймотектонических преобразований в северных и южных Хибинах. Землетрясения играли определенную роль в развитии древних ВСП и селей, видимо, на этапе интенсивной раннеголоценовой гляциоизостазии. Молодые выбросы ВСП за пределы собственных водосборов, предположительно, спровоцированы сейсмическими толчками на левобережье Мал. Белой. Таким образом, взаимодействие селевых и сейсмических событий в Хибинах может быть прослежено с конца позднего плейстоцена до наших дней.



### Список литературы

- Авенариус И.Г. (1989). Морфоструктурный анализ зоны новейших дислокаций на южном склоне Хибин. Геоморфология, 2: 52-57.
- Ананьев Г.С. (1998). Катастрофические процессы рельефообразования. М., Изд-во Московского университета.
- Арманд А.Д. (1960). Очерк формирования рельефа и четвертичных отложений Хибинских тундр. В кн.: Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. Т. I. Апатиты: Геологический институт РАН, 32-80.
- Беляев В.Р., Иванов М.М., Романенко Ф.А. и др. (2017). Водоснежные потоки в малых горных долинах Хибин. В кн.: Маккавеевские чтения – 2017. Под ред. Р.С. Чалова. М., Геогр. ф-т МГУ, 2018 (в печати).
- Водоснежные потоки Хибин (2001). Под ред. А.Н. Божинского, С.М. Мягкова. М.: Геогр. ф-т МГУ, 167 с.
- Граве М.К., Граве Л.М. Геоморфологическая карта масштаба 1 :200 000. Атлас Мурманской области. 1971. С. 8.
- Калашник А.И., Максимов Д.А. О подходе к оценке сейсмического риска и районированию Кольского полуострова применительно к поверхностным линейно-протяжённым объектам // Вестник КНЦ РАН. 2016. № 2(25). С. 44-51.
- Николаева С.Б. Складчатые деформации в позднеплейстоценовых отложениях Хибин (центральная часть Кольского полуострова): морфология и генезис // Вестник МГТУ, Т. 17, № 2, 2014 г. С. 329-339.
- Перов В.Ф. Селевые потоки Хибинского горного массива // Вестник МГУ. География. 1966. № 1. С. 106-109.
- Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. М.: Изд-во МГУ. 1996.
- Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин С.В. (2002). Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты, КНЦ РАН, 359 с.
- Романенко Ф.А., Лукашов А.А., Шилова О.С. (2011). Катастрофические гравитационные процессы на севере Европейской России и опыт их абсолютного датирования. Геоморфология, 1: 87-94.
- Сапунова Г.Г., Сапунов В.Н. (1979). Следы действия водоснежных потоков. Материалы гляциологических исследований, 35: 201-202.
- Черноморец С.С. (2005). Селевые очаги до и после катастроф. М., Научный мир, 182 с.
- Chernous P. (2006). Destroying avalanche-like processes in the Khibiny Mountains: damage mitigation. In: Disaster Mitigation of Debris Flows, Slope Failures and Landslides. Tokyo, Japan.
- Hestnes E., Kristensen K. (2010). The diversities of large slushflows illustrated by selected cases. Proceedings of the International Snow Science Workshop.
- Perov V., Chernomoretz S., Budarina O., Savernyuk E., Leontyeva T. (2017). Debris flow hazards for mountain regions of Russia: regional features and key events. Natural Hazards, 88(1 Suppl.): 199–235. doi 10.1007/s11069-017-2841-3.