

УДК 551.43; 551.4.06

Ф.А. Романенко¹, О.А. Шиловцева²

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Рассмотрены распространение и хронология современных геоморфологических процессов, главным образом в Хибинских тундрах. Приведены новые фактические материалы о преобразовании ими рельефа, о проявлениях как хорошо известных (водоснежные потоки), так и «экзотических» для Кольского п-ова процессах (оползни-сплывы). Установлено, что они были характерны для всей второй половины голоцена, хотя и имели периоды активизации и затухания. Один из главных факторов их развития – климатические изменения, поэтому рассмотрены основные тенденции колебаний температуры воздуха и осадков на всей территории Кольского п-ова. За последние 100 лет изменение температуры воздуха происходило квазициклично, с четко выраженным линейным трендом к повышению средней за год температуры воздуха со скоростью около 1,0 °C за 100 лет, причем максимальным зимой. Это связывают с изменением атмосферной циркуляции – на протяжении всего года растет продолжительность долготной южной циркуляции. Отмечена положительная линейная тенденция к увеличению количества осадков, т.е. небольшой рост увлажненности. Так как геоморфологическая система весьма инерционна, то для проявления каких-либо ее изменений необходимы существенно более долговременные климатические изменения, чем в ходе выявленных циклов потепления–похолодания длительностью 30–50 лет.

Ключевые слова: Кольский полуостров, Хибинский горный массив, катастрофические природные процессы, рельефообразующие процессы, экзогенные процессы, водоснежные потоки, оползни-сплывы, климатические изменения, тенденции колебаний температуры воздуха и осадков.

Введение. В центральной части Кольского п-ова находится несколько горных массивов – Хибинские (1200 м), Ловозёрские (1120 м), Чуна- (1072 м) и Монче-гундры (965 м). Это один из самых известных очагов катастрофических природных процессов в Субарктике. Обвальное-осыпные, лавинные, селевые, эрозионные процессы имеют заметное рельефообразующее значение и наносят наибольший ущерб инфраструктуре. Лучше других изучены лавины и сели, механизмы, хронология и цикличность которых изучены с разных точек зрения [Снег..., 1967; Перов, 1966, 1971; Вашалова, 1987; Сапунов, 1991; Водоснежные..., 2001]. Установлено, что важнейшим фактором возникновения и локализации лавин и селей служат климатические условия, которые в настоящее время заметно изменяются. Поэтому главной задачей нашей работы стало выявление современных тенденций изменений климата на Кольском п-ове и их возможное влияние на характер и интенсивность геоморфологических процессов. В густонаселенных и перспективных с точки зрения развития производственной, селитебной и туристской инфраструктуры районах такой анализ приобретает важное значение как элемент оценки геоморфологической безопасности. Если влияние климатических изменений и колебаний локальных погодных условий на рельеф удастся установить в последние 100 лет, в период инструментальных наблюдений, то метод актуализма позволяет распространить полученные выводы на весь голоцен.

Материалы и методы исследований. В статье обобщены наблюдения одного из авторов в горах Кольского п-ова за распространением катастрофических процессов и строением созданного ими рельефа в ходе многолетних (1996–2014) полевых работ и учебных студенческих практик. Кроме полевых описаний, геоморфологических схем и геолого-геоморфологических профилей, использованы дистанционные материалы – аэрофотоснимки (АФС) 1958 г. масштаба 1:30 000 из фондов Хибинской учебно-научной базы, космические снимки низкого разрешения из открытых источников (Google Earth, Yandex), а также топографические карты масштаба 1:25 000.

Для анализа изменений климата нами использована база данных ВНИИГМИ МЦД [www.meteo.ru] для 11 станций на Кольском п-ове с самыми продолжительными (1878–2013 гг.) рядами наблюдений за температурой воздуха. Наиболее длинный ряд наблюдений (с 1878 г.) на станции Кола с помощью стандартной методики совмещен с рядом наблюдений в Мурманске. К сожалению, данные некоторых станций на Терском берегу и в центральной части Кольского п-ова после 2009 г. в базе ВНИИГМИ отсутствуют. При расчете аномалий средней за месяц температуры воздуха (At) и месячного количества осадков (Ap) использованы средние значения параметров за весь период наблюдений.

Результаты исследований и их обсуждение.
Экзогенные процессы в горах Кольского полу-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии, вед. науч. с., канд. геогр. н.; e-mail: faromanenko@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, заведующая метеорологической лабораторией, канд. геогр. н.; e-mail: shil_o@mail.ru

острова. В Хибинском горном массиве впервые выявлено [Перов, 1966] широкое распространение одной из разновидностей селей – водоснежных потоков (ВСП), а также установлена их важная рельефообразующая роль. Они относятся [Перов, 1996] к категории снеговых селей и отличаются от лавин тем, что для них характерно [Сапунов, 1991; Водоснежные..., 2001]: возникновение только весной в период бурного снеготаяния или обильных жидких осадков при большом количестве снега в руслах водотоков или при прорыве снежных плотин, образованных лавинами; насыщенность снежной массы водой (20–70%); насыщенность каменным материалом (до 12%).

Наибольший геоморфологический эффект от ВСП наблюдается на участках транзита и аккумуляции. Участки транзита – обычно глубокие (несколько десятков метров) V-образные врезы шириной до 30–50 м, иногда с плоскими днищами, заваленными крупными глыбами и иногда даже блоками объемом более 10 м³, что свидетельствует об огромной «живой силе» движущейся массы. Конечно, наибольшей глубины эти врезы достигают не в скальных породах, а в рыхлых. Часто они прямолинейны, а на поворотах движущаяся масса сносит не только почвенно-растительный покров, выплескиваясь выше бровки, но и верхние горизонты рыхлых отложений.

Так как факторы образования ВСП (большое количество снега, его бурное таяние, обильные осадки и т.д.) в одном и том же горном массиве схожи, то можно предположить, что процессы должны происходить одновременно во многих бассейнах с аналогичными условиями. Действительно, массовое образование ВСП в разных районах Хибин [Сапунов, 1991] имели место в мае 1977 г. (37 очагов) и в мае 1987 г. (28 очагов). Объем некоторых из них достигал 70 тыс. м³. Подобные события произошли в мае 1951 г. или 1952 г. [Перов, 1966], а также в мае 1995 г. [Ананьев, 1998], когда во внутренней части Кольского п-ова была очень теплая весна. Всего в Хибинах насчитывается около 300 очагов ВСП, и с точки зрения рельефообразования это, пожалуй, важнейший процесс современной морфодинамики.

Участки аккумуляции (зоны торможения) очень похожи на конусы выноса временных водотоков. Они также имеют конусообразную форму, если образуются в месте выхода потока на участки с меньшими уклонами (Айкуайвенйок), или вытянуты вдоль русла, если находятся на перегибе продольного профиля (долина Гакмана) и зажаты между скальными стенками. Как правило, рельеф зон торможения отличается беспорядочным сочетанием вытянутых вдоль тальвега гряд высотой до 1,5 м, разделяющих их ложбин, хаотических скоплений валунов, отдельных крупных глыб. Выстилающий днище долин материал – смесь обломков разной крупности, несортированного песка, а также веток и целых стволов деревьев, вырванных целиком кустарников, кусков дернины и т.д. Ширина конусов может дости-

гать 200–300 м, длина 2–3 км. Окатанность обломков колеблется от нулевой до хорошей, так как связана преимущественно с составом несомого материала. Его источниками служат как падающие на снег неокатанные куски породы с окружающих склонов, так и размываемые толщи ледниковых и водно-ледниковых отложений, в которых встречаются и хорошо окатанные галька и валуны.

В южной части Хибинского массива на правом берегу р. Большая Белая у подножия Вудъяврчорра в районе распространения мощных (>150 м) толщ рыхлых ледниковых отложений расположен очень глубокий (до 65 м) V-образный врез. Весной по нему течет небольшой ручеек, берущий начало в безымянном озере (А.А. Лукашов называет его Неправильным), глубина которого, по нашим промерам, в периоды большой водности превышает 6 м, а площадь значительно колеблется. Большую часть летнего периода русло сухое и завалено валунами и галькой. В устье ручья (вреза) находится конус выноса, имеющий несколько четко выраженных возрастных генераций в виде наклонных площадок шириной до 30 м с превышениями до 2 м одна над другой. Площадки вымощены песчано-валунно-галечным материалом с отдельными глыбами до 1,2 м в поперечнике, осложнены отдельными грядами и отличаются степенью задернованности. Ближайшая к современному руслу ручья поверхность абсолютно лишена растительности, а самая удаленная от него, наоборот, заросла уже не только ивой, но и березой. Это говорит о том, что здесь водоснежный (или катастрофический эрозионный) процесс повторялся неоднократно в течение по меньшей мере нескольких веков. Самый молодой конус сформировался до 1958 г. и, судя по его свежести, незадолго до этого, т.е. в течение последних 100 лет.

В непосредственной близости от него нами обнаружен параллельный врез, почти такой же глубокий, но целиком заросший густым лесом, что говорит о его более древнем возрасте. Ширина гребня, отделяющего врезы, не превышает 10 м, состав пород также одинаков, и причины изменения направления движения обводненных снежных масс пока неизвестны. В устье древнего вреза находится конус выноса, также целиком задернованный и имеющий две возрастных генерации, судя по облику, его возраст не менее нескольких тысяч лет. Можно предположить, что он формировался либо на этапе большей снежности (водности) этого водо-снегосбора, либо более длительного, чем сейчас, и более интенсивного таяния, либо, если допустить его мгновенное формирование, представляет собой следы сейсмического события.

Мы предполагаем, что конус выноса образовался в более холодных и снежных условиях первой половины голоцена. Поскольку даже сейчас в Хибинах сохранились небольшие ледники, обнаруженные В.Ф. Перовым [1968], и многочисленные снежники-перелетки, то можно допустить, что на этапе разрушения горно-долинного и карового оледенения их здесь было гораздо больше. Таяние такого снеж-

но-ледового образования, или, скорее, выплеск воды из озера в результате, например, схода крупной лавины со склона Вудъяврчорра и падения ее в озеро, могли привести к формированию мощного конуса выноса. Возраст подобного события в бассейне Айкуайвенйока, вызванного сейсмообвалом, определен нами [Романенко и др., 2011] с помощью радиоуглеродного датирования болотных отложений в запруженной конусом ложбине. Он составил 5730 ± 150 лет назад (ГИН-13129), что после калибровки с помощью стандартной методики (программа OxCal 3.10, Bronk Ramsey, 2005) дает интервал 3940–3630 лет до н.э.

О существовании периодов более активного развития селей свидетельствуют и серии террас в долинах более крупных рек, например, Юкспоррйока и Малой Белой. Насчитывается до 3–4 уровней этих террас, сложенных неоднородной галечно-валунной толщей с небольшим количеством более тонкого материала (песка и гравия). Они обладают неровной грядово-ложбинной поверхностью и, в отличие от аналогичных аллювиальных уровней, практически отсутствующих в Хибинах, не выдержаны ни по высоте (наклонены в разные стороны), ни по латерали, т.е. не прослеживаются вдоль русла. В лесной зоне террасы заросли густыми ивняками и березняками, в тундре частично не задернованы. Так как в настоящее время в крупных реках они не образуются, то можно предположить, что формирование таких объектов происходило в более холодных и снежных условиях.

Водоснежные потоки встречаются, хотя и существенно реже, в расположенных западнее хребтах Монче- и Чунатундр. Но свежих (вековой давности) следов нами не обнаружено, что, вероятно, можно объяснить меньшей густотой эрозионной сети – коллектора ВСП и, возможно, более равномерным распределением снега. Другие факторы – крутые склоны, значительное количество снега, условия снеготаяния – аналогичны. На юго-западном склоне одного из самых высоких в Мончетундре массива Хипикнунчорр (795,7 м) глубина V-образного вреза в валунно-песчаные ледниковые отложения превышает 20 м. Долина, судя по отсутствию заметного конуса выноса, лишь иногда служила каналом для схода катастрофических потоков, так как ее водо-снегосбор отличается очень небольшим уклоном. В русле лежат глыбы диаметром до 2 м и более. Склоны заросли довольно высоким лесом, что позволяет говорить об отсутствии крупных смещений, по крайней мере в XIX–XXI вв.

Существенно менее распространенный, процесс, происходящий в низкогорьях Кольского п-ова, – оползни-сплывы (посткриогенные сплывы или криогенные оползни скольжения). В Хибинских и Ловозёрских тундрах мерзлые породы распространены на значительной (900–1200 м) высоте, где преобладают сравнительно устойчивые скальные (морозные) породы [Перов, 1968]. Тем не менее в горах и на меньшей высоте длительное время сохраняется мощная сезонная мерзлота, также способствующая

смещениям рыхлого чехла. Так, весной 2000 г. крупный оползень-сплыв сошел на правом борту долины Гакмана – ледниковые валунно-песчаные отложения сместились по водоупорной и не успевшей протаять ленточнослоистой тонкопесчано-алевритовой толще. Полукруглая форма стенки срыва, состав материала, наличие русла и следов течения не оставляют сомнения в том, что при смещении преобладало именно сплывание, а не осыпание. Облик форм практически идентичен оползням-сплывам на Таймыре, Ямале и в Якутии. Весна 2000 г. была, по данным внутренних станций Кольского п-ова, очень теплой, – положительная аномалия температуры за весну (апрель–май) превысила средние значения более чем на 2 °С. Насыщенность верхнего слоя грунта водой за счет таяния снега могла привести к смещению этого оползня-сплыва.

Оползневое тело аналогичной крупной формы на правом борту широкого трога на северо-восточном склоне высшей точки Чунатундры – горы Эбручорр (1072 м), где плоскостью сплывания выступали скальные породы, сместилось практически до дна трога. В средней части склона в обвальном конусе под скальными стенками выработан лоток, по которому, видимо, и происходило перемещение материала. Аналогичная форма находится над восточным входом на Умбозёрский перевал в Хибинах, где в составе коллювия преобладают скальные обломки разной крупности.

В целом для низкогорий Кольского п-ова характерны следы более активных гравитационных, селевых и эрозионных процессов в прошлом, чем в настоящее время. Это и задернованные крупные конусы выноса, часто прорезанные более мелкими современными руслами, заросшие присклоновые шлейфы, образованные валунами и глыбами, густо покрытые растительностью селевые террасы. Более того, в самой высокой части центральной долины Хибин (долина Кукисийок-Кунийок) в присклоновых щелбино-глыбовых шлейфах полукруглой формы можно предположить существование ледяного ядра, которое в настоящее время не сохранилось.

Таким образом, горы Кольского п-ова испытывали в конце позднего плейстоцена и в первой половине голоцена заметное геоморфологическое преобразование в результате мощного покровного и горного оледенения, разрушение которого во многом стимулировало интенсификацию катастрофических процессов, следы которых сейчас существенно потеряли свежесть.

Попытки определить возраст этапов активизации катастрофических процессов в Хибинах предпринимались неоднократно [Перов, 1971; Вашалова, 1987; Водоснежные..., 2001; Владыченский и др., 2007; Косарева, 2007]. С помощью радиоуглеродного датирования удалось выявить четыре периода уменьшения интенсивности лавинно-камнепадных и селевых процессов, что позволяло формироваться почвам: 4100–3800 гг. до н.э., IV в. до н.э.–III в. н.э., 2760–2120 гг. до н.э., 790–1560 гг. В то же время наивысшая активность лавин совпадает с «малым леднико-

вым периодом» XIV–XIX вв. (видимо, за счет увеличения количества снега). Сложилось устойчивое мнение, что главным фактором, влияющим на интенсивность лавинообразования и других склоновых процессов, служат климатические условия [Сапунов и др., 2006]. Для выявления связи между ними и интенсивностью геоморфологических процессов необходимо установить реальные колебания температуры, т.е. измеренные на метеорологических станциях, а не реконструированные с помощью косвенных методов.

Современные изменения климата Кольского полуострова. За последние 100 лет на Кольском п-ове изменение температуры воздуха, согласно данным наблюдений на 11 станциях, характеризуется квазициклическостью (табл. 1, рис. 1).

да за 1900–1945 гг. составляет $\Delta t_r = +3,2$ °C/100 лет, $P=0,999$). С середины 1940-х гг. и приблизительно до начала 1980-х гг. наблюдается относительное похолодание – t_r понижается со средней скоростью $\Delta t_r = -2,7$ °C/100 лет ($P=0,84$). Наконец, после 1980 г. температура заметно растет: величина тренда за 1980–2009 гг. составляет 5,5 °C/100 лет и имеет высокую степень значимости ($P=0,99$). Однако, на фоне цикличности прослеживается четко выраженный положительный линейный тренд средней за год температуры воздуха со скоростью около 1,0 °C/100 лет, что хорошо соответствует аналогичной оценке для европейской территории России (около 1 °C/100 лет) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC) и авторов Оценочного доклада (табл. 1) [МГЭИК, 2007; Оценочный..., 2008].

Таблица 1

Средняя за год температура воздуха на станциях Кольского полуострова в 1878–2013 гг. и ее изменения

Станция	Период наблюдений, годы	Средняя за год температура воздуха, °C		Экстремумы средней за год температуры воздуха		Линейный тренд средней за год температуры	
		за весь период наблюдений	за период 1961–1990	максимум, год	минимум, год	°C/100 лет	значимость тренда, P
Мурманск	1878–2013	+0,1	+0,0	2,7(1938)	-2,5(1902)	+1,0	0,998
Териберка	1890–2013	+0,6	+0,5	2,9(2013)	-2,5(1902)	+1,0	0,9996
Вайда-Губа	1894–2013	+1,3	+1,3	3,6(2013)	-1,5(1902)	+1,4	0,9999
Мыс Святой Нос	1896–2013	+0,0	+0,1	2,4(2013)	-3,3(1902)	+1,7	0,9999
Кандалакша	1913–2013	+0,4	-0,2	3,3(1938)	-2,6(1966)	0,0	0,00
Краснощелье	1933–2013	-1,1	-1,6	1,5(1938)	-4,1(1941)	+0,7	0,40
Умба	1933–2013	+0,7	+0,2	3,2(1938)	-2,2(1966)	+0,8	0,59
Пялица	1916–2009	-0,5	-0,8	1,7(1938)	-3,4(1941)	+0,6	0,83
Ловозеро	1925–2009	-1,3	-1,7	1,2(1938)	-3,9(1955)	+0,5	0,76
Падун	1937–2009	-0,5	-0,9	2,2(1938)	-3,2(1955)	+0,8	0,77
Мончегорск	1937–2009	-0,3	-0,6	2,4(1938)	-3,1(1955)	+0,8	0,77

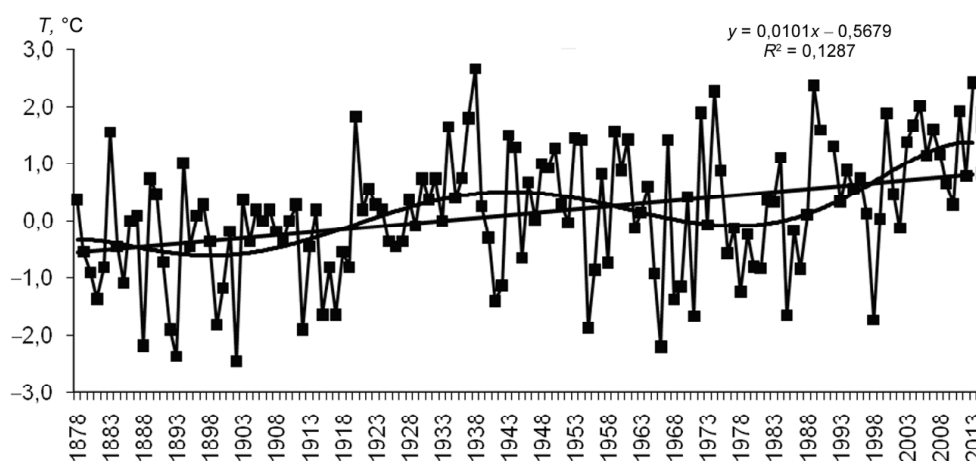


Рис. 1. Многолетние изменения среднегодовой температуры приземного воздуха в Мурманске (1878–2013 гг.)

Fig. 1. Long-term changes of the annual average surface air temperature in Murmansk (1878–2013)

До конца XIX в. среднегодовая температура понижалась, хотя линейный тренд незначим ($\Delta t_r = -1,4$ °C/100 лет, $P=0,3$). С 1900 г. до середины 1940-х гг. тенденция изменения температуры положительна и статистически значима (величина трен-

Наибольшие отрицательные аномалии среднегодовой приземной температуры воздуха ($A_t > -2\sigma$) на Кольском п-ове выявлены за последние 130 лет 4 раза, причем 2 раза в XIX в. (1888 и 1893), и 2 раза в XX в. (1902, $A_t^{мин} = -2,9$ °C; 1966, $A_t = -2,3$ °C). Хорошо

видно (рис. 1), что похолодание на рубеже XIX–XX вв. заметнее, чем во второй половине XX в.: за 1890–1919 гг. $-A_i = -0,8$ °C, а за 1955–1984 гг. $-A_i = -0,1$ °C.

Существенное похолодание в начале XX в. во многом объясняется изменениями общей циркуляции атмосферы, так как продолжительность процессов с арктическими вторжениями (ДС) в начале века была больше (рис. 2). Кроме того, преобладали та-

нонова, 2009], и понижение температуры наблюдалось не всегда.

Многолетнее изменение средней за сезон температуры воздуха на Кольском п-ове, как и годовые значения температуры, характеризуется квазициклическостью с периодом около 70 лет. Вместе с тем во все сезоны года имеет место положительный линейный тренд, причем зимой он максимален (табл. 2).

В начале XXI в. на Кольском п-ове наблюдаются практически постоянно положительные величины аномалий приземного воздуха (A_i) в разные сезоны года. В 2000–2009 гг. средние значения A_i максимальны зимой (1,8 °C), минимальны летом (0,75 °C).

В начале XX в. весной, осенью и особенно летом преобладали меридиональные северные потоки, т.е. блокирующие процессы, при которых арктический воздух поступал в средние и низкие широты, обуславливая похолодание (рис. 3). Кольский п-ов при этом оказывался в сфере действия антициклонов. Потепление в 1920–1940-х гг. было вызвано существенным ростом продолжительности зональной циркуляции летом, осенью и главным образом зимой. Она характеризуется усилением циклонической деятельности на арктическом фронте и, в частности, увеличением повторяемости атлантических циклонов. Весной заметных изменений широтной циркуляции до начала 1980-х гг. не наблюдалось. В остальные сезоны года с начала 1940-х гг. продолжительность зональных процессов уменьшалась за счет учащения меридиональных северных, что привело к новому похолоданию. Наиболее активно этот процесс развивался летом. В 1950–1960-е гг., и летом, и зимой, арктические вторжения часто перемежались с выходом южных циклонов, и похолодание оказалось менее значительным, чем в начале века.

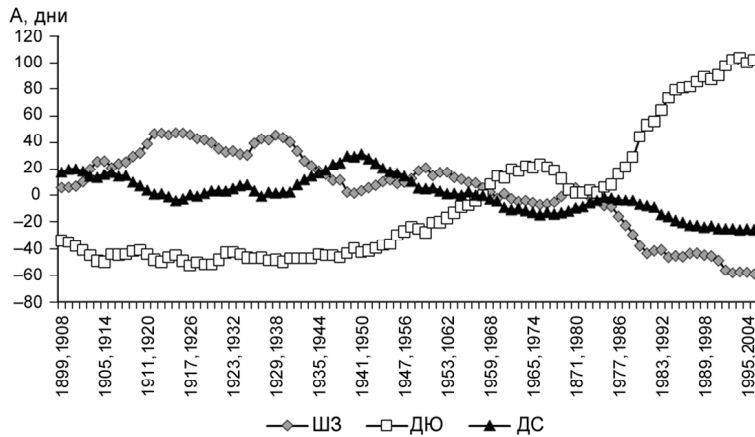


Рис. 2. Отклонения от средней продолжительности (A, дни) обобщенных групп циркуляции в целом за год (ШЗ – широтной западной, ДЮ – долготной южной, ДС – долготной северной, 11-летние скользящие средние) в Европейском секторе Северного полушария за 1899–2009 гг., по [Kononova, 2009]

Fig. 2. Deviations from the average duration (A, days) of the generalized circulation groups for the whole year (ШЗ – latitudinal western, ДЮ – longitudinal southern, ДС – longitudinal northern, 11-year moving averages) in the European sector of the Northern Hemisphere for 1899–2009, after [Kononova, 2009]

кие типы элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), при которых сибирский антициклон захватывал весь континент, а в 1950–1960-е гг. арктические вторжения часто перемежались выходом южных циклонов, поэтому температура на конкретной станции зависела от ее положения относительно границы между циклонами и антициклонами [Ко-

Таблица 2

Аномалии средней за сезон температуры воздуха на Кольском полуострове и тенденции их изменений

Характеристика	Сезон	Экстремумы средней за сезон аномалии температуры воздуха		Линейный тренд средней за сезон аномалии температуры	
		максимум (год)	минимум (год)	°C/100 лет	значимость, P
Среднее для Кольского п-ова за 1890–2009	зима	3,9(2008)	-4,7(1966)	+1,33	0,998
	весна	4,3(1897)	-3,5(1909)	+0,94	0,98
	лето	3,2(1972)	-2,9(1902)	+1,09	0,999
	осень	2,6(2000)	-4,1(1902)	+1,30	0,9999
	год	2,7(1938)	-2,9(1902)	+1,20	0,9996
Среднее для Кольского п-ова за 1937–2009	зима	3,9(2008)	-4,7(1966)	+0,73	0,55
	весна	3,3(1989)	-2,6(1941)	+1,28	0,89
	лето	3,2(1972)	-1,9(1949)	+0,01	0,02
	осень	2,6(2000)	-3,2(1968)	+0,67	0,62
	год	2,7(1938)	-2,3(1966)	+0,70	0,72

Примечания. Зима – ноябрь–март; весна – апрель–май; лето – июнь–август; осень – сентябрь–октябрь.

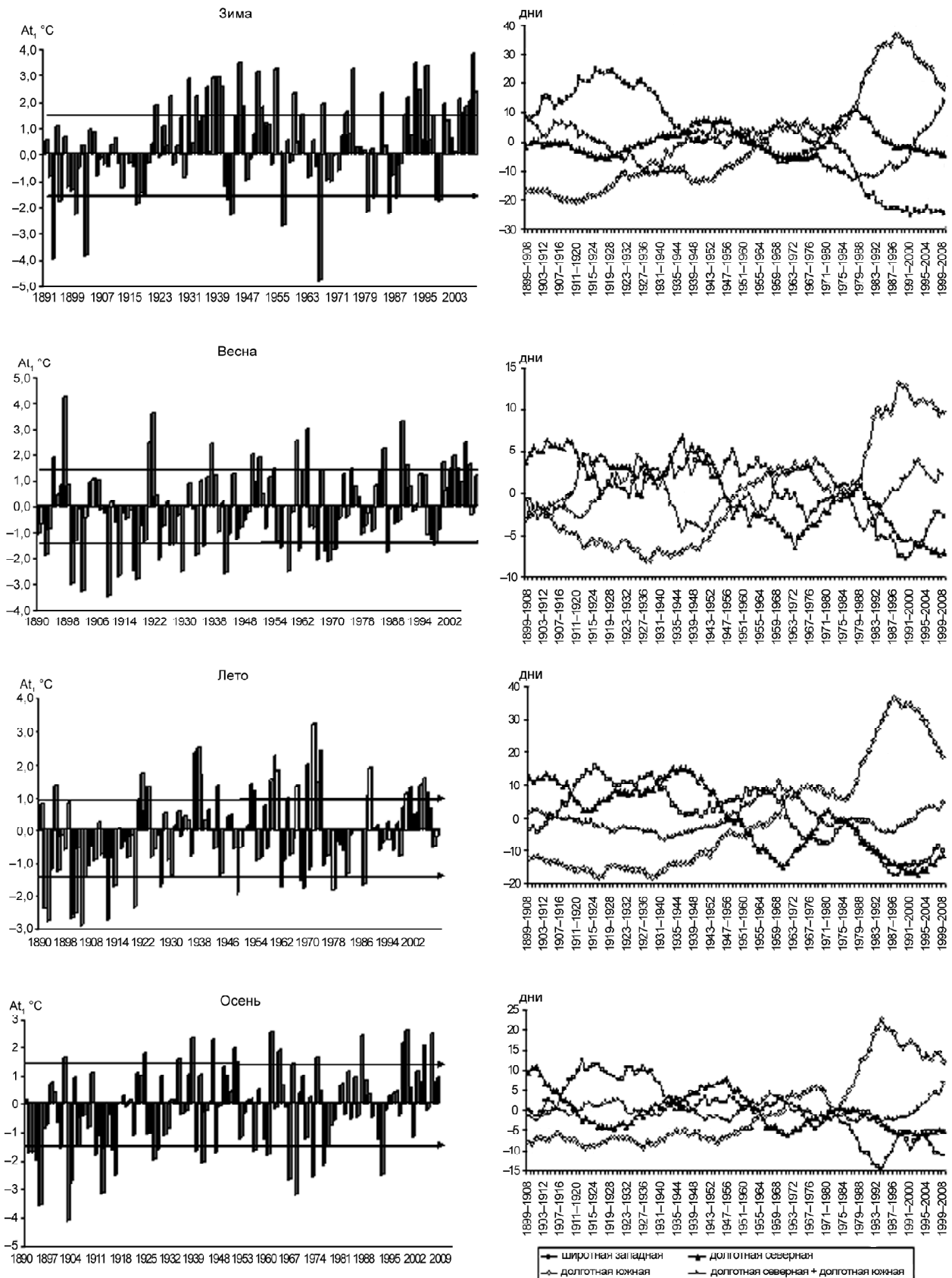


Рис. 3. Многолетний ход аномалии q средней за сезон температуры воздуха на Кольском полуострове и продолжительность разных групп циркуляции по сезонам (10-летние скользящие средние)

Fig. 3. The long-term dynamics of the average seasonal anomalies of air temperature and the seasonal duration of different circulation groups within the Kola Peninsula (10-year moving averages)

Начавшееся в 1980-х гг. потепление вызвано ростом продолжительности южных меридиональных процессов, при которых, в частности, средиземноморские циклоны выходят на Восточно-Европейскую равнину, принося в северные широты тепло с юга, и вливаются в серию атлантических циклонов. Это происходит весь год, но наиболее ярко выражено зимой и летом. Однако, начиная с середины 1990-х гг., во все сезоны года (особенно летом и зимой) этот процесс замедлился, и в настоящее время продолжительность меридиональной южной группы циркуляции уменьшается. Весной этот процесс менее активен. Сейчас на протяжении всего года наиболее заметен рост продолжительности долготной северной циркуляции в сочетании с южной. Кроме того, весной и летом также немного растет продолжительность зональной западной циркуляции, а летом – повторяемость меридиональных северных процессов.

Обращает на себя внимание неоднородность изменений температуры на Кольском п-ове. На Мурманском побережье, обращенном к Баренцеву морю и Северо-Атлантическому течению, потепление заметно и статистически значимо. На Терском и Кандалакшском берегах, омываемых Белым морем, напротив, значения тренда существенно меньше и практически незначимы. В Кандалакше, находящейся в кутовой части одноименного залива, тренд отсутствует. Это свидетельствует о мозаичности микроклиматических условий, которые для геоморфологических процессов в небольших бассейнах горных рек оказываются важнее региональных тенденций.

Многолетние тенденции колебания количества осадков, весьма важные для активизации геомор-

фо-ова она обратна – можно отметить положительную линейную тенденцию, т.е. небольшой рост увлажненности. Ее сохранение и усиление могут способствовать, с одной стороны, увеличению интенсивности ВСП, солифлюкционных, кумуловых и эрозионных процессов. С другой стороны, увеличение мощности снежного покрова может способствовать деградации мерзлоты, уменьшая глубину промерзания.

Выводы:

– на протяжении голоцена в горах Кольского п-ова наблюдались разнообразные катастрофические геоморфологические процессы, в первую очередь селевые. В первой половине голоцена они были обусловлены главным образом разрушением ледникового покрова за счет общего потепления и высокой сейсмической активности, связанной с гляциоизостазией. Но затем, когда ледника не стало, а скорость тектонического подъема уменьшилась, на первый план стали выходить именно погодные условия периода снеготаяния, в первую очередь локальные кратковременные и резкие колебания температуры и количества осадков. Частота и величина таких колебаний определяется общим характером циркуляции атмосферы. Практически во всех долинах, измененных селевыми процессами, отмечены более древние крупные выбросы валунного материала. С этой точки зрения геоморфологические последствия наблюдающихся последние сотни лет (в том числе 100 лет – инструментально) изменений должны были бы быть более значительными за счет увеличения количества осадков и контрастности погодных условий весной и осенью при усилении циклонической активности;

Таблица 3

Тенденции изменения годовых сумм осадков на станциях Кольского п-ова

Станция	Период наблюдений	Средняя сумма за год, мм	Экстремумы годовой суммы осадков, мм		Линейный тренд годовых сумм осадков	
			максимум, год	минимум, год	мм/100 лет	коэффициент детерминации, R^2
Мурманск	1966–2013	489	637(2010)	316(1969)	+138	0,053
Териберка	1983–2013	471	641(2006)	366(1966)	–	–
Вайда–Губа	1966–2013	512	655(2007)	347(1969)	+30	0,004
Мыс Святой Нос	1985–2013*	381	548(1995)	198(2003)	–	–
Кандалакша	1966–2013	534	697(1966)	362(1976)	+135	0,061
Краснощелье	1966–2013	520	692(1981)	371(1986)	+87	0,025
Умба	1966–2013	511	690(1938)	346(1966)	+181	0,107

* Ряд наблюдений имеет пропуски.

фологических процессов, в отличие от температуры, на Кольском п-ове во второй половине XX в.–начале XXI в. статистически незначимы (табл. 3), как и на Земле Франца-Иосифа [Романенко и др., 2015]. Но если для полярного архипелага отмечена слабо выраженная тенденция к уменьшению количества осадков, то для Кольско-

– поскольку геоморфологическая система весьма инерционна, то для проявления каких-либо ее изменений необходимы существенно более долговременные климатические изменения, чем в ходе циклов потепления–похолодания длительностью 30–50 лет. Главная причина проявления таких циклов – колебания общей циркуляции атмосферы. Кро-

ме того, наиболее заметно потепление в зимний период, а погодные условия весеннего и летнего (теплого) сезона, существенно более значимые для развития геоморфологических процессов, изменяются

часто незначительно и лишь экстремальные сочетания климатических параметров имеют какие-либо последствия. Но в истории развития рельефа остаются именно такие редкие случаи.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 14-37-00038, Ф.А. Романенко) и РФФИ (проект № 14-05-00549, О.А. Шиловецва).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ананьев Г.С.* Катастрофические процессы рельефообразования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 102 с.
- Вацалова Т.В.* Палеогеографический подход к реконструкции активности снежных лавин в целях долгосрочного прогноза на примере Хибин // Оценка и долгосрочный прогноз изменения природы гор / Под ред. С.М. Мягкова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. С. 120–128.
- Владыченский А.С., Ковалева Н.О., Косарева Ю.М., Иванов В.В.* Минералогия и валовой состав почв троговых долин Хибинского горного массива // Электронный журн. «Доклады по экологическому почвоведению». 2007. Вып. 1, № 1. С. 1–19, <http://soilinst.msu.ru> (дата обращения: 20.07.2016).
- Водоснежные потоки Хибин / Под ред. А.Н. Божинского, С.М. Мягкова. М.: географический факультет МГУ, 2001. 167 с.
- Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин. М.: ОАО «Воентехиниздат», 2009. 370 с.
- Косарева Ю.М.* Эволюция почв высокогорной части Хибинского массива в голоцене: Автореф. канд. дисс. М., 2007. 24 с.
- МГЭИК 2007. Изменение климата 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвертый доклад по оценке климата Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Р.К. Пачаури, А. Райзингер. Женева: МГЭИК, 2007. 104 с.
- Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Ред. Т.В. Лешкевич. М.: ВНИИГМИ-МЦД, 2008. 29 с.
- Перов В.Ф.* Селевые потоки Хибинского горного массива // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1966. № 1. С. 106–110.
- Перов В.Ф.* Снежники, ледники и мерзлотный рельеф Хибинских гор. М.: Наука, 1968. 120 с.
- Перов В.Ф.* Опыт использования дендрохронологического метода для изучения частоты схода селей Хибин // Фитоиндикационные методы в гляциологии. М.: Географический факультет МГУ, 1971. С. 42–49.
- Перов В.Ф.* Селевые явления. Терминологический словарь. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 34 с.
- Романенко Ф.А., Лукашов А.А., Шилова О.С.* Катастрофические гравитационные процессы на севере Европейской России и опыт их абсолютного датирования // Геоморфология. 2011. № 1. С. 87–94
- Романенко Ф.А., Шиловецва О.А., Шабанова Н.Н., Кононова Н.К.* Изменения климата в Арктике, катастрофические природные процессы и динамика рельефа на Земле Франца-Иосифа // Меняющийся климат и социально-экономический потенциал Российской Арктики. М.: Лига-Вент, 2015. С. 58–73.
- Сапунов В.Н.* Водоснежные потоки в Хибинах // Мат-лы гляциол. исследований. 1991. Вып. 71. С. 94–99.
- Сапунов В.Н., Селиверстов Ю.Г., Трошкина Е.С., Черноус П.А.* Температурный режим воздуха в зимние сезоны и его влияние на лавинную активность в Хибинах // Криосфера Земли. 2006. Т. 10, № 4. С. 68–73.
- Снег и лавины Хибин / Под ред. Г.К. Тушинского. М.: географический факультет МГУ, 1967. 356 с.

Поступила в редакцию 16. 06 2016

Принята к публикации 26.07.2016

F.A. Romanenko¹, O.A. Shilovtseva²

GEOMORPHOLOGIC PROCESSES IN THE KOLA PENINSULA MOUNTAINS AND THE CLIMATE CHANGE

The article deals with the distribution and chronology of recent geomorphologic processes, mainly in the Khibiny tundras. New evidences about the respective relief transformation and the manifestation of both well known (water-snow flows) and «exotic» for the Kola Peninsula processes (landslides) are presented. The processes were typical for the whole second half of the Holocene, although there were periods of their activation and weakening. A main factors of their development is the climate change, therefore, the principal trends of fluctuations of air temperature and precipitation in the Kola Peninsula were analyzed. Over the past 100 years the air temperature changes were quasi-cyclic, with a distinct linear trend of increasing annual average air temperature at a rate of about 1°C over 100 years. This could be attributed to the changes in the atmospheric circulation - the duration of northern longitudinal circulation

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geomorphology and Paleogeography, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geography; e-mail: faromanenko@mail.ru

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Meteorology and Climatology, Head of the Meteorological Laboratory, PhD. in Geography; e-mail: shil_o@mail.ru

combined with southern one increases throughout the year. There is a positive linear trend in precipitation, i.e. a slight increase of moisture index of the territory. Since a geomorphologic system is very inert, it needs much longer climate changes than 30–50 year long warming-cooling cycles to manifest any transformation.

Key words: catastrophic natural processes, relief-forming processes, exogenous processes, water-snow flows, landslide, climate change, air temperature and atmospheric precipitation trends, the Kola Peninsula, the Khibiny mountains.

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (F.A. Romanenko – project 14-37-00038) and the Russian Foundation for Basic Research (O.A. Shilovtseva – project 14-05-00549).

REFERENCES

- Anan'ev G.S. *Katastroficheskie processy rel'efoobrazovaniya* [Catastrophic processes of relief formation], Moscow, MSU Press, 1998, 102 p. (in Russian).
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 p.
- Kononova N.K. *Klassifikatsiya tsyrkulyatsionnykh mekhanizmov Severnogo polushariya po B.L. Dzerdzeevskomu* [Classification of circulation mechanisms of Northern Hemisphere by B.L. Dzerdzeevsky], pod red. A.B. Shmakina, Moscow, OAO «Voentekhnizdat», 2009, 370 p. (in Russian).
- Kosareva Yu.M. *Evolutsiya pochv vysokogornoy chasti Khibinskogo massiva v Golotsene* [Evolution of soils in the mountainous part of the Khibiny massif in the Holocene], Avtoref. kand. diss. Moscow, 2007, 24 p. (in Russian).
- Otsenochnyy doclad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii [Assessment Report on climate change and their impact on the territory of the Russian Federation], pod red. T.V. Leshkevich, Mjscow, VNIIGMI-WDC, 2008, 29 p. (in Russian).
- Perov V.F. *Selevye potoki Khibinskogo gornogo massiva (Debris flows of the Khibiny massive)*, Vestnik Moskovskogo Universiteta. Geografia, 1966, no 1, pp. 106–110 (in Russian).
- Perov V.F. *Snezhniki, ledniki i merzlotny rel'ef Khibinskikh gor* [The snowfields, glaciers and permafrost terrain of the Khibiny mountains], Moscow, Nauka, 1968, 120 p. (in Russian).
- Perov V.F. *Opyt ispol'sovaniya dendrokronologicheskogo metoda dlya izucheniya chastoty shoda seley Khibin* [The experience of dendrochronological methods using to study the frequency of debris flows in Khibiny], Phitoindicatsionnye metody v glytsiologii, Moscow, Geographicheskii fakultet MGU, 1971, pp. 42–49 (in Russian).
- Perov V.F. *Seleviye yavleniya. Terminologicheskii slovar'* [Mudflow phenomena. Terminological dictionary], Moscow, MSU Press, 1996, 34 p. (in Russian).
- Romanenko F.A., Lukashov A.A., Shilova O.S. *Katastroficheskie gravitatsionnye processy na severe Evropeyskoy Rossii i opyt ikh absol'yutnogo datirovaniya* [Catastrophic gravitational processes on the Northern European Russia and the experience of their absolute dating], Geomorphologiya, 2011, no 1, pp. 87–94 (in Russian).
- Romanenko F.A., Shilovtseva O.A., Shabanova N.N., Kononova N.K. *Izmeneniya klimata v Arktike, katastroficheskie prirodnye processy i dinamika rel'efa na Zemle Frantsa-Iosipha* [Climate change in the Arctic, catastrophic natural processes and relief dynamics of Franz-Joseph Land], *Menyayushchiysya klimat i social'no-ekonomicheskyy potential Rossiyskoy Arktiki*, Moscow, Liga-Vent, 2015, pp. 58–73 (in Russian).
- Sapunov V.N. *Vodosnezhnye potoki v Khibinakh* [Snow-water flows in Khibiny], *Materialy glytsiologicheskikh issledovaniy*, 1991, vyp. 71, pp. 94–99 (in Russian).
- Sapunov V.N., Seliverstov Yu.G., Troshkina Ye.S., Chernous P.A. *Temperaturnyy rezhim vozdukh v zimniye sezony i ego vliyaniye na lavinnuyu aktivnost' v Khibinakh*. [Air temperature regime in winter seasons and its impact on avalanche activity in the Khibiny], *Kriosfera Zemli*, 2006, vyp. 10, no 4, pp. 68–73 (in Russian).
- Sneg i laviny Khibin [Snow and avalanche of Khibiny], pod red. G.K. Tushinsky, Moscow, Geographicheskyy fakultet MGU, 1967, 356 p. (in Russian).
- Vashchalova T.V. *Paleogeographicheskyy podkhod k rekonstruktsii aktivnosti snezhnykh lavin v tselyakh dolgosrochnogo prognoza na primere Khibin* [Paleogeographic approach to the reconstruction of snow avalanche activity in order long-term prediction on the example of the Khibiny], *Otsenka i dolgosrochnyy prognoz izmeneniya prirody gor*, pod red. S.M. Myagkova, Moscow, MSU Press, 1987, pp. 120–128 (in Russian).
- Vladychensky A.S., Kovalyova N.O., Kosareva U.M., Ivanov V.V. *Mineralogiya i valovy sostav pochv trogovykh dolin Khibinskogo gornogo massiva* [Mineralogy and gross composition of the soil of the trog valleys of the Khibiny massif], *Electron. J. «Doklady po ekologicheskomu pochvovedeniyu»*, 2007, vyp. 1, no 1, pp. 1–19. URL: <http://soilinst.msu.ru> (Treatment date: 20.07.2016) (in Russian).
- Vodosnezhnye potoki Khibin [Water-snow flows in Khibiny], pod red. A.N. Bozhinsky, S.M. Myagkov, Moscow, Geographicheskyy fakultet Moscovskogo GU, 2001, 167 p. (in Russian).

Received 16.06.2016

Accepted 26.07.2016