

УДК [551.311.8:551.583](470.62/.67)

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АКТИВНОСТИ
СЕЛЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА СЕВЕРНОМ СКЛОНЕ БОЛЬШОГО
КАВКАЗА В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ
ИЗМЕНЧИВОСТИ**

Н.В. Кондратьева, Л.М. Федченко, В.В. Разумов, М.Ю. Беккиев

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», Kondratyeva_nat@mail.ru

Представлена оценка возможных изменений активности селевых процессов в результате региональной климатической изменчивости на Северном Кавказе.

Проведен качественный анализ изменения климатических факторов формирования селей (атмосферные осадки, температура воздуха, оледенение) на Северном Кавказе (1971—2011) по данным метеостанций, максимально близко расположенных к зонам зарождения селей.

Выявлены повышение температуры воздуха и увеличение суммы атмосферных осадков — как среднегодовых значений, так и значений за теплый и за холодный период; отчетливо наблюдается тенденция отступления ледников. Изменение климатических параметров на горной территории Северного Кавказа повлияло и на селевую активность: за 40 лет среднее годовое число селей возросло почти на 80 %.

Оценка наблюдаемых и ожидаемых на Северном Кавказе изменений климата и их последствий является важной составляющей при выработке мер по обеспечению противоселевой защиты в горных районах.

Ключевые слова: сель, климат, осадки, температура, оледенение, селеактивность.

**EVALUATION OF POSSIBLE CHANGES IN THE ACTIVITY
OF MUDFLOW-PROCESSES ON THE NORTHERN SLOPE
OF THE GREAT CAUCASUS AS A RESULT OF REGIONAL CLIMATE
VARIABILITY**

N.V. Kondratieva, L.M. Fedchenko, V.V. Razumov, M.Yu. Bekkiev

High Mountain Geophysical Institute

This article is devoted to an assessment of possible changes in the activity of mudflow processes as a result of regional climate variability in the North Caucasus.

The article is a qualitative analysis of changes in climatic factors of mudflow formation (atmospheric precipitation, air temperature, glaciations) in the North Caucasus (1971—2011) by meteorological stations closest to the mudflow formation zones.

The increase in the annual air temperature and the annual amount of atmospheric precipitation, both annual and for warm and cold periods, is detected; the tendency of the glaciers to retreat is clearly seen. The change in climatic parameters in the mountainous territory of the North Caucasus also affected mudflow activity, the average number of mudflows per year having increased by almost 80 % for 40 years.

The assessment of the climate changes observed and expected in the North Caucasus and its consequences is an important component in developing measures to provide antimudflow protection in mountainous areas.

Keywords: mudflow, climate, precipitation, temperature, glaciations, viscous stream.

Введение

Как показано в Докладе Росгидромета Правительству РФ [5], во второй половине XX столетия на Земле началось устойчивое изменение климатических условий, которое отмечается и на Северном Кавказе. Климатические изменения оказывают большое влияние на сток рек, масштабы оледенения, режим осадков и температуры воздуха, вследствие чего происходят изменения и селевой активности.

Климатические изменения на территории Северного Кавказа, где формируются основные селевые потоки, анализируются многими учеными. На этой территории хорошо развита метеорологическая сеть, и поэтому для всего региона имеется достаточно полная информация о климатических условиях. Знание особенностей развития селевой деятельности на Кавказе в связи с изменением климата имеет важное практическое значение, поскольку происходит интенсивное освоение горных районов.

Климатическая изменчивость на северном склоне Большого Кавказа

Согласно данным Северо-Кавказского УГМС [5], на северном склоне Большого Кавказа средняя годовая температура воздуха на высоте 2500 м повышается в направлении с северо-запада на юго-восток от 6 °С в районе г. Фишт (Западный Кавказ) до 11 °С в районе г. Базардюзю (Восточный Кавказ). Среднегодовое количество атмосферных осадков на высоте 2500 м на территории Западного, Центрального и Восточного Кавказа составляет 2150, 930 и 1030 мм соответственно. Число дней со снежным покровом на высоте 2500 м уменьшается с северо-запада на юго-восток весьма значительно — от 250 дней на территории Западного Кавказа до 160 и 100 дней на территории Центрального и Восточного Кавказа соответственно.

Амплитуда средней температуры самого холодного и самого теплого месяцев в ряде районов низменности исследуемой территории составляет 28—29 °С, а в среднегорной части 25 °С, что указывает на значительное смягчение континентальности климата в направлении от равнины к горам.

Для анализа изменений климатических условий на Северном Кавказе использовались многолетние метеоданные, характеризующие режим осадков и температуры воздуха в горных условиях. Была собрана информация метеостанций, расположенных максимально близко к зонам зарождения селей: Клухорский перевал (2037 м); Теберда (1328 м); Терскол (2150 м); Владикавказ (668 м); Мамисонский перевал (2800 м); Казбеги, в/г (3656 м); Сулак, в/г (2923 м); Гуниб (1551 м). Оказалось, что общим периодом наличия данных по всем указанным метестанциям является период с 1971 по 2011 г.

Из табл. 1 видно, что за период с 1971 по 2011 г. в рассматриваемом регионе произошло повсеместное повышение средней годовой температуры воздуха с положительным трендом по региону, равным 0,029 °С/год, и увеличением годовой суммы атмосферных осадков с трендом 3,45 мм/год. Таким образом, за 1971—2011 гг. среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,2 °С, а годовая сумма атмосферных осадков увеличилась на 138 мм. Среднегодовая температура воздуха на Северном Кавказе как за теплый, так и за холодный период за 1971—2011 гг.

изменилась с положительными трендами 0,026 и 0,032 °C/пер. соответственно. Наиболее значительные годовые тренды отмечены на м/с Владикавказ и Мамисонский перевал, а минимальные — на м/с Терскол и Клухорский перевал. В теплый период тренды температуры воздуха изменялись от 0,013 °C/пер. на м/с Мамисонский перевал до 0,047 °C/пер. на м/с Владикавказ. В холодный период тренды на большинстве станций были более значительными, чем в теплый, и достигали на м/с Владикавказ и Мамисонский перевал 0,058 и 0,059 °C/пер. соответственно. Исключение составляет м/с Терскол, где тренд за холодный период оказался отрицательным и составил –0,0058 °C/пер.

Тренды количества атмосферных осадков в среднем по региону за теплый и холодный периоды были также положительные и составили 1,206 и 2,28 мм/пер. соответственно. Для теплого периода тренд осадков по данным м/с Клухорский перевал оказался отрицательным, а для остальных м/с тренды в этот период были положительными.

Таким образом, в регионе в среднем за 1971—2011 гг. среднегодовая температура воздуха за холодный период повысилась на 1,1 °C, а за теплый — на 1,4 °C. Количество атмосферных осадков за холодный и теплый период увеличилось на 35 и 107 мм, или на 5 и 20 % от нормы соответственно.

Таблица 1

Линейные тренды температуры воздуха и атмосферных осадков за 1971—2011 гг. [1, 6]

Метеостанция	Высота, над ур. моря, м	Температура воздуха, °C			Атмосферные осадки, мм		
		Год	Период абляции	Период аккумуляции	Год	Период абляции	Период аккумуляции
Клухорский перевал	2037	0,017	0,019	0,015	5,876	–0,619	6,49
Теберда	1328	0,036	0,039	0,034	3,581	0,579	3,002
Терскол	2150	0,0041	0,015	–0,0058	4,48	2,23	2,45
Владикавказ	668	0,053	0,047	0,058	4,863	2,802	2,06
Мамисонский перевал	2800	0,035	0,013	0,059	1,357	0,803	0,55
Казбеги, в/г	3656	0,028	0,018	0,044			
Сулак, в/г	2923	0,029	0,033	0,028	1,549	0,91	0,633
Гуниб	1551	0,028	0,025	0,031	2,45	1,736	0,75
Среднее	2258	0,029	0,026	0,032	3,45	1,206	2,28

На рис. 1 и 2 приведены графики изменения среднегодовой температуры воздуха и среднегодовых сумм осадков на северном склоне Большого Кавказа по данным всех перечисленных выше метеостанций (с 1971 по 2011 г.).

Изменение климатических условий на Кавказе сказывается и на оледенении. Для высокогорного Кавказа отчетливо прослеживается тенденция отступления ледников, вызванная региональной климатической изменчивостью [6]. На рис. 3 в качестве подтверждения этого факта представлена динамика отступления ледников на Центральном Кавказе (Малый Азау, Гарабаши, Терскол) за период с 1957 по 2015 г. [3]. С использованием данных космических снимков, аэрофотоснимков и материалов по термическому режиму выявлены темпы деградации ряда ледников (Малый Азау, Гарабаши, Терскол, Козыдон, Земегондон и др.). Скорость

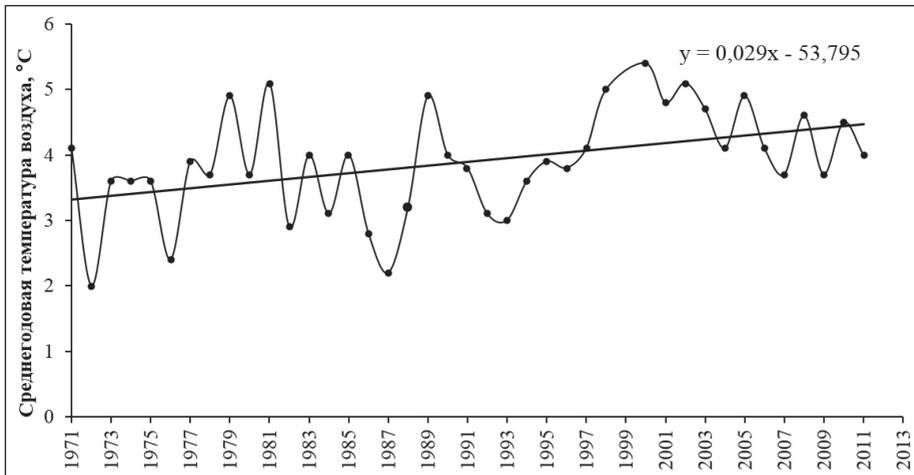


Рис. 1. Изменение среднегодовой температуры воздуха и ее линейный тренд за 1971—2011 гг.

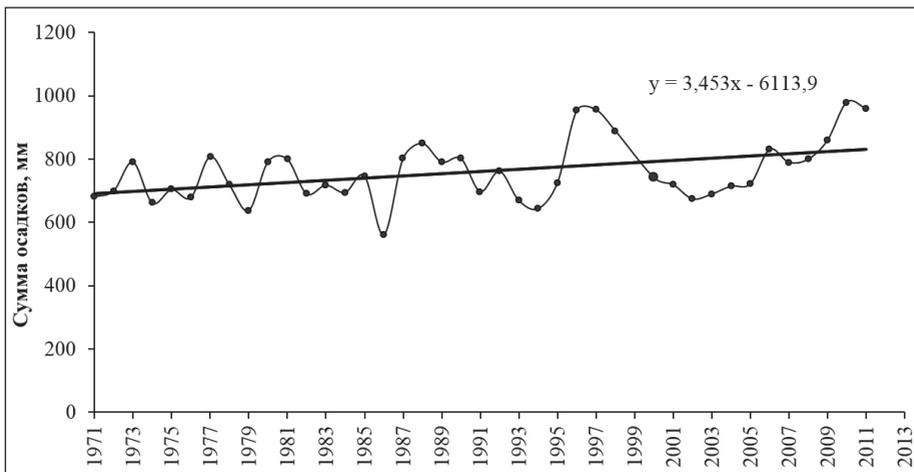


Рис. 2. Изменение среднегодовой суммы атмосферных осадков и ее линейный тренд за 1971—2011 гг.

отступления ледников значительно возросла в последние пять-шесть лет и достигла максимальных значений, равных 25—27 тыс. м²/год (ледники Малый Азау и Терскол) и 23 тыс. м²/год (ледник Гарабаши).

В период отступления ледников у их концов оголяется большое количество обломочного материала, который впоследствии становится твердой составляющей ледниковых и ледниково-дождевых селей.

Причиной деградации исследуемых ледников являются аномалии летней температуры воздуха. В XXI веке темпы деградации ледников возросли под влиянием

повышения среднесуточной температуры воздуха в летний период — по сравнению с прошлым веком температура повысилась летом на 25 % [4].

С 1971 по 2011 г. на территории Северного Кавказа зафиксировано довольно значительное число селевых потоков (1479 случаев) всех генетических типов [2]. Анализ динамики числа селевых потоков на изучаемой территории показал, что среднее годовое число селей за разные десятилетия за период 1971—2010 гг. составило: с 1971 по 1980 г. — 32,1, с 1981 по 1990 г. — 45,7, с 1991 по 2000 г. — 12,5, а с 2001 по 2010 г. — 57,6. Таким образом, за 40 лет среднее годовое число селей увеличилось почти на 80 % (низкое значение в 90-х годах XX столетия обусловлено

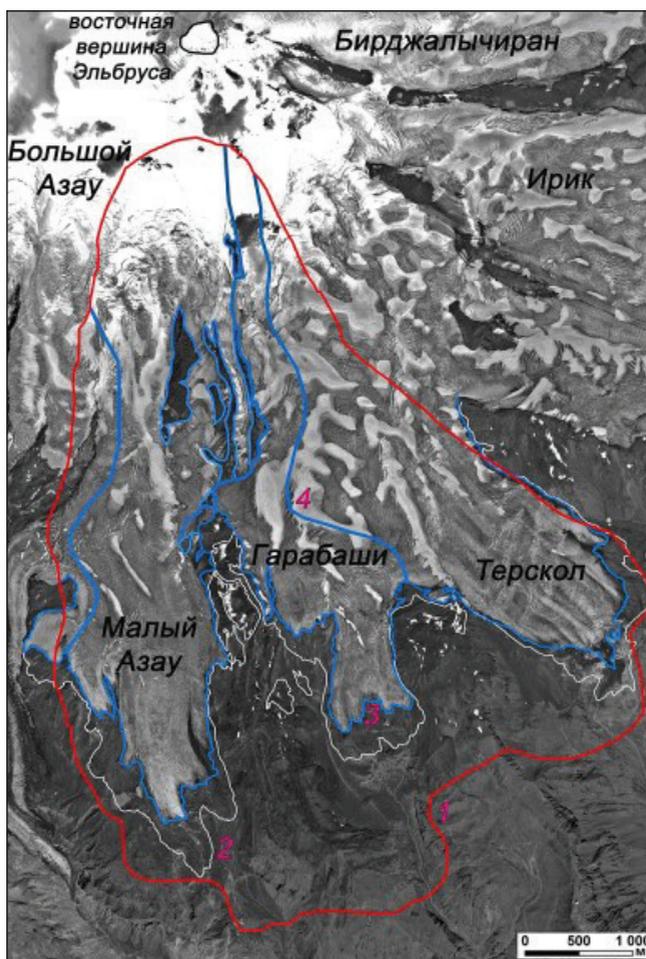


Рис. 3. Схема ледников Малый Азау, Гарабаши, Терскол и территории исследований на снимке со спутника Pleiades за 23 августа 2015 г.
1 — граница территории изысканий, 2 — контуры ледников в 1957 г.,
3 — контуры ледников в 2015 г., 4 — ледоразделы.

тем, что мониторинг селевой активности в регионе осуществлялся не в полной мере в связи с упадком экономики страны и военными действиями на Восточном Кавказе — фиксировались только сели, вызвавшие ЧС).

Аналогичный анализ изменения селевой активности, проведенный для бассейна реки Терек [2], показал увеличение с 1974 по 2013 г. среднего годового числа селей на 79 %, что сопоставимо с полученной нами оценкой селевой активности для всего Северного Кавказа.

Основной причиной увеличения числа селевых потоков с 1971 г. явилось повышение температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков — как среднегодовых значений, так и значений за теплый период года.

Как отражено в Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (Росгидромет, 2008), ожидаемое в последующие годы повышение среднегодовой и за теплый период температуры воздуха и увеличение среднегодового и за теплый период количества атмосферных осадков позволяет сделать следующие выводы:

- при сохранении в XXI веке тенденции к потеплению на северном склоне Большого Кавказа увеличится продолжительность селеопасного периода в среднем на 47—50 суток во всех высотных зонах;

- увеличение количества атмосферных осадков за теплый период года приведет повсеместно к возрастанию объемов единовременных выносов селевых потоков в среднем на 20—30 % от их объемов, наблюдавшихся в XX столетии;

- в нивально-гляциальной зоне произойдет увеличение как числа, так и объема гляциальных и гляциально-дождевых селей; при этом территория их распространения возрастет;

- с увеличением количества селеформирующих атмосферных осадков во всех высотных зонах региона произойдет увеличение числа селей дождевого генезиса. В весенне-летний период в среднегорье и в высокогорье будет регулярно отмечаться прохождение снежодождевых селей и селей снеготаяния. Увеличится число селевых бассейнов и возможных селепроявлений в современных потенциальных районах [5].

Список литературы

1. Аджиев А.Х., Аджиева А.А., Кумукова О.А., Кондратьева Н.В. Влияние изменений климата на гидрометеорологические явления на Центральном Кавказе // Материалы гляциологических исследований. 2009. № 107. С. 137—139.
2. Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Беккиев М.Ю., Гяургиева М.М., Перов В.Ф., Разумов В.В., Сейнова И.Б., Хучунаева Л.В. Кадастр селевой опасности юга европейской части России. — М.: ООО «Феория» — Нальчик: Печатный двор, 2015. 148 с.
3. О проведении исследовательских и изыскательских работ по ледникам Малый Азау, Гарабаши, Терскол и прилегающей территории в границах ВТРК «Эльбрус» / Отчет о НИР. Нальчик, фонды ФГБУ «ВГИ», 2015. 453 с.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [Электронный ресурс]. — М.: изд-во Росгидромета, 2008. Режим доступа: http://climate2008.igse.ru/v2008/pdf/resume_ob.pdf.
5. Панов В.Д., Базлюк А.А., Лурье П.М. Река Терек. Гидрография и режим стока. — Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2015. 607 с.
6. Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. — СПб: Гидрометеоиздат, 1993. 431 с.