



Временной анализ изменения селевой активности на северном склоне Большого Кавказа

Н.В. Кондратьева, А.Х. Аджиев, В.В. Разумов, А.Б. Узденова

*Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия,
kondratyeva_nat@mail.ru, adessa1@yandex.ru, razumov_vv@mail.ru,
albina_uzdenowa@mail.ru*

Аннотация. Как показано в Докладе Росгидромета Правительству Российской Федерации, во второй половине XX столетия на Земле началось устойчивое изменение климатических условий, которые отмечаются 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.

Ключевые слова: сели, климатические изменения, температура воздуха, атмосферные осадки, сток рек

Ссылка для цитирования: Кондратьева Н.В., Аджиев А.Х., Разумов В.В., Узденова А.Б. Временной анализ изменения селевой активности на северном склоне Большого Кавказа. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, с. 451–459.

Temporary analysis of change of debris flow activity on the northern slope of the Great Caucasus

N.V. Kondratyeva, A.Kh. Adzhiev, V.V. Razumov, A.B. Uzdenova

*High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, kondratyeva_nat@mail.ru,
adessa1@yandex.ru, razumov_vv@mail.ru, albina_uzdenowa@mail.ru*

Abstract. As shown in the Roshydromet Report to the Government of the Russian Federation, in the second half of the 20th century, a steady change in climatic conditions began to be observed on Earth, which are also observed in the North Caucasus. Climatic changes have a great influence on river flow, the extent of glaciation, the mode of precipitation and air temperature, as a result of which changes occur and mudflow activity.

Key words: debris flows, climate change, air temperature, precipitation, river runoff

Cite this article: Kondratyeva N.V., Adzhiev A.Kh., Razumov V.V., Uzdenova A.B. Temporary analysis of change of debris flow activity on the northern slope of the Great Caucasus. In: Chernomorets S.S., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 6th International Conference (Dushanbe–Khorog, Tajikistan). Volume 1. Dushanbe: “Promotion” LLC, 2020, p. 451–459.

Введение

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

Климатическая изменчивость на северном склоне Большого Кавказа

Согласно данным Северо-Кавказского управления гидрометеорологической службы [Панов и др., 2015], на северном склоне Большого Кавказа средняя годовая температура воздуха на высоте 2500 м повышается в направлении с северо-запада на юго-восток от 6°C в районе г. Фишт (Западный Кавказ) до 11°C 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°C, а в среднегорной части 25°C, 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 с 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 метеостанциям является период с 1971 по 2011 г.

Из таблицы 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°C/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°C, 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/период соответственно. Наиболее значительные годовые тренды отмечены на метеостанции Владикавказ и Мамисонский перевал, а минимальные – на метеостанциях Терскол и Клухорский перевал. В теплый период тренды температуры воздуха изменялись от 0,013°C/период на метеостанции Мамисонский перевал, до 0,047°C/период на метеостанции Владикавказ. В холодный период тренды на большинстве станций были более значительными, чем в теплый, и достигали на метеостанциях Владикавказ и Мамисонский перевал 0,058 и 0,059°C/период соответственно. Исключение составляет метеостанция Терскол, где тренд за холодный период оказался отрицательным и составил –0,0058°C/период. 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 метеостанции Клухорский перевал оказался отрицательным, а для остальных метеостанций 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.

На рис. 1 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.).

Таблица. Линейные тренды температуры воздуха и атмосферных осадков за 1971–2011 гг. [Аджиев и др., 2009]

Table. Linear trends of air temperature and precipitation for 1971-2011 [Аджиев и др., 2009]

Метеостанция	Высота, над ур. моря, м	Температура воздуха, °С			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

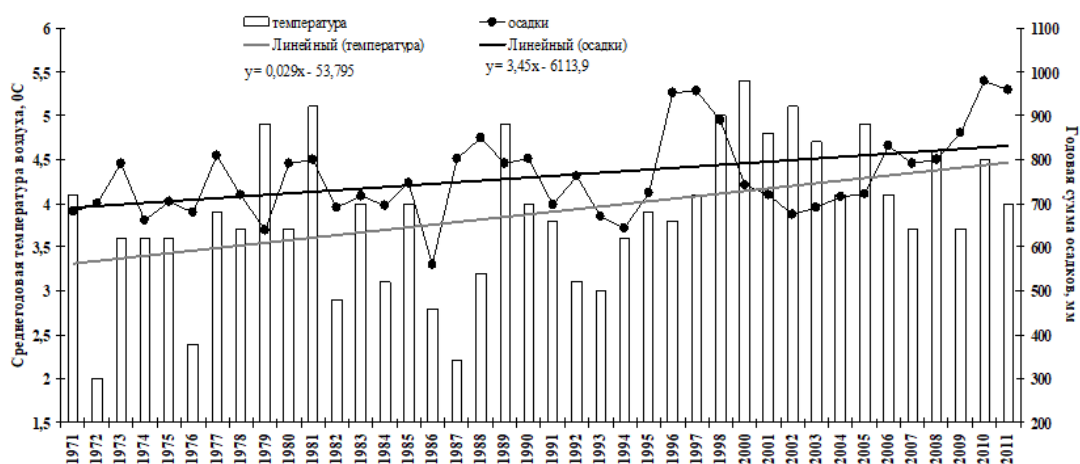


Рис. 1. Графики изменения среднегодовой температуры воздуха и среднегодовых сумм атмосферных осадков (1971-2011 гг.) на северном склоне Большого Кавказа

Fig. 1. Changes in average annual air temperature and precipitation graphs (1971-2011) on the northern slope of the Great Caucasus

Изменение климатических условий на Кавказе сказывается и на оледенении. Для высокогорного Кавказа отчетливо прослеживается тенденция отступления ледников, вызванная региональной климатической изменчивостью [Панов, 1993]. Скорость 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) [О проведении исследовательских и изыскательских работ..., отчет о НИР, 2015].

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% [*Оценочный доклад об изменениях климата...*, 2008].

С 1971 по 2011 г. на территории Северного Кавказа зафиксировано довольно значительное число селевых потоков (1479 случаев) всех генетических типов [*Кондратьева и др.*, 2015]. Анализ динамика числа селевых потоков на изучаемой территории показал, что годовое число селей за разные десятилетия за период 1971–2010 гг. составило: с 1971 по 1980 г. – 321, с 1981 по 1990 г. – 457, с 1991 по 2000 г. – 125, а с 2001 по 2010 г. – 576. Таким образом, за 40 лет среднее годовое число селей увеличилось почти на 80% (низкое значение в 90-х годах XX столетия обусловлено тем, что мониторинг за селевой активностью 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 [*Кондратьева и др.*, 2015], 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.

Анализ влияния метеопараметров на динамику селевой активности (на примере Кабардино-Балкарии)

Для подтверждения полученных выводов об увеличении количества селепроявлений на региональном уровне за последние 40 лет в связи с климатической изменчивостью, нами были изучены (с применением методов математической статистики) особенности развития селевой активности для наиболее типичного и изученного района Центрального Кавказа – высокогорной территории Кабардино-Балкарии - с временным рядом наблюдений более 50 лет. Необходимость использования такого длительного временного ряда подтверждена в работе [*Самнер, 1981*]. Такой ряд наблюдений за селями и климатическими характеристиками нам удалось собрать только по метеостанции «Терскол», находящейся в Кабардино-Балкарской республике (КБР). По данным этой метеостанции нами был проведен указанный анализ влияния метеопараметров на динамику селевой активности.

Основные площади селепроявления в Кабардино-Балкарии сосредоточены в высокогорной зоне, здесь высока вероятность прохождения селей почти на всех речных притоках. Селевой период в КБР, как правило, продолжается с мая по сентябрь.

Важнейшими факторами, влияющими на селеобразование, служат осадки, определяющие степень увлажнения территории, а также изменчивость температуры воздуха, а, следовательно, и активность процессов, приводящих к формированию жидкой и твердой составляющей селей. Наиболее информативными при анализе селевой активности являются: сумма среднемесячных температур за весь селевой период (май – сентябрь), сумма осадков за весь селевой период (май – сентябрь).

На рис. 2 и 3 представлены графики изменения суммы среднемесячных температур воздуха за селевой период (май – сентябрь) по годам (1953–2015 гг.).

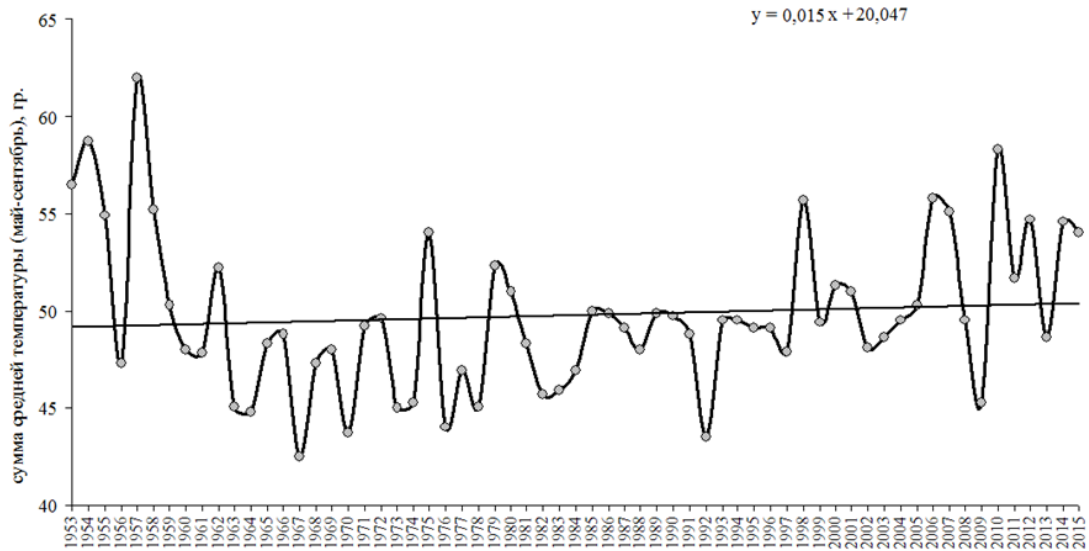


Рис. 2. Изменения суммы среднемесячных температур воздуха за селевой период (май-сентябрь)

Fig. 2. Changes in the sum of average monthly air temperatures over the debris flows period (May-September)

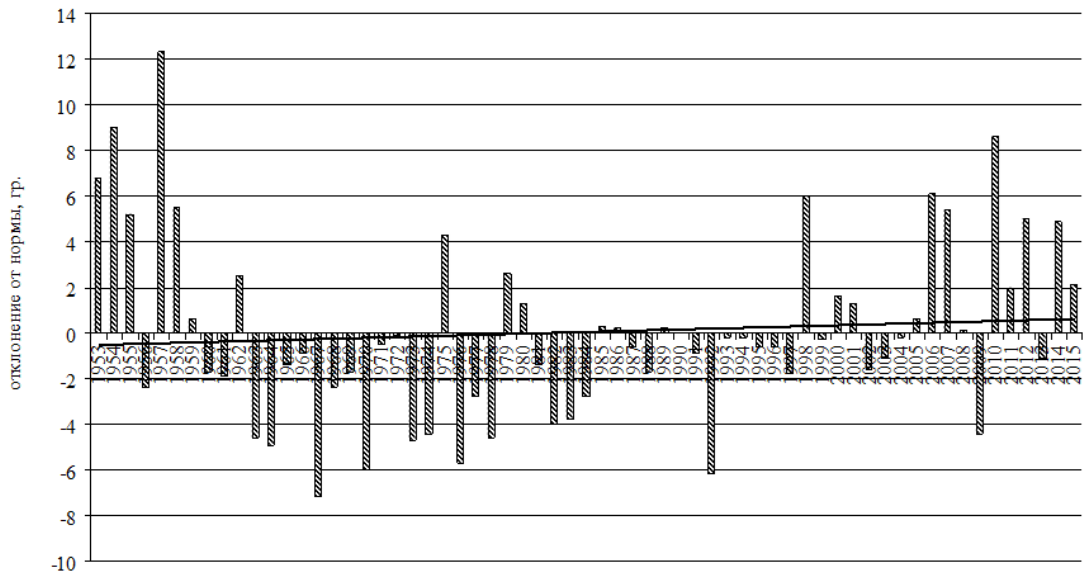


Рис. 3. Аномалии суммы среднемесячных температур воздуха за селевой период (май – сентябрь)

Fig. 3. Sum of the average monthly air temperatures anomalies over the debris flows (May - September)

Тренд изменения суммы среднемесячных температур воздуха за селевой период (май – сентябрь) положительный, имеет место незначительное летнее потепление. С 1953 по 2015 гг. сумма среднемесячных температур воздуха за селевой период (май – сентябрь) незначительно выросла на 0,9°C.

На рис. 4, 5 представлены графики изменения суммы осадков за селевой период (май – сентябрь) по годам (1953–2014 гг.).

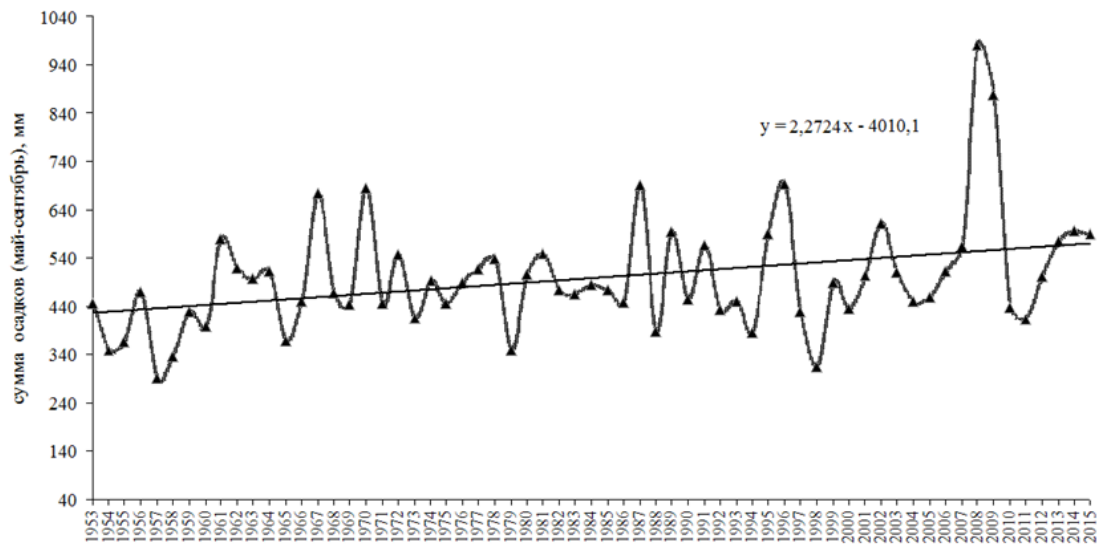


Рис. 4. Изменения суммы осадков за селевой период (май-сентябрь)

Fig. 4. Changes in precipitation over the debris flows period (May-September)

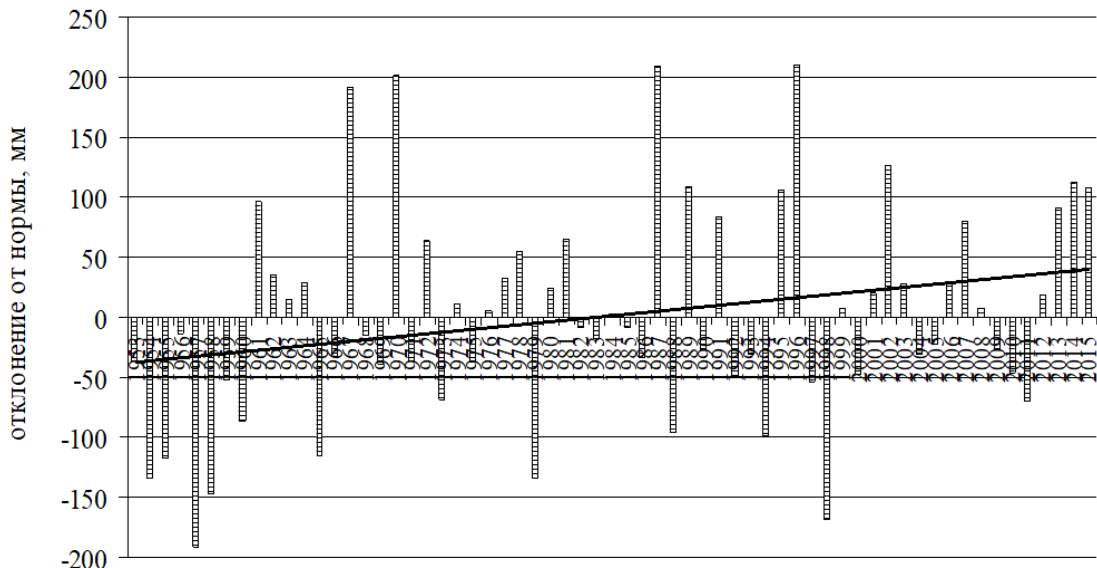


Рис. 5. Аномалии суммы осадков за селевой период (май-сентябрь)

Fig. 5. Precipitation anomalies over the debris flows period (May-September)

Тренд изменения суммы осадков за селевой период (май – сентябрь) положительный. С 1953 по 2014 гг. сумма осадков за селевой период (май – сентябрь) увеличилась на 138 мм.

В высокогорной части Кабардино-Балкарии за период с 1953 по 2015 гг. зарегистрировано 459 селевых потоков. Изучение их временной динамики с 1961 по 2010 гг. (рис. 6) показало, что начиная с 1981 г. отмечается тенденция к их увеличению: с 1961 по 1970 – 58, с 1971 по 1980 – 59, с 1981 по 1990 – 92, с 1991 по 2000 – 101, с 2001 по 2010 – 99, т.е. за 50 лет количество селей в год в высокогорной части КБР выросло на 70%. Таким образом, подтверждается факт увеличения селевой активности в связи с климатической изменчивостью на республиканском уровне. При этом коэффициент множественной корреляции, показывающий связь селевой активности с климатическими характеристиками (температура, осадки), составил 0,9.

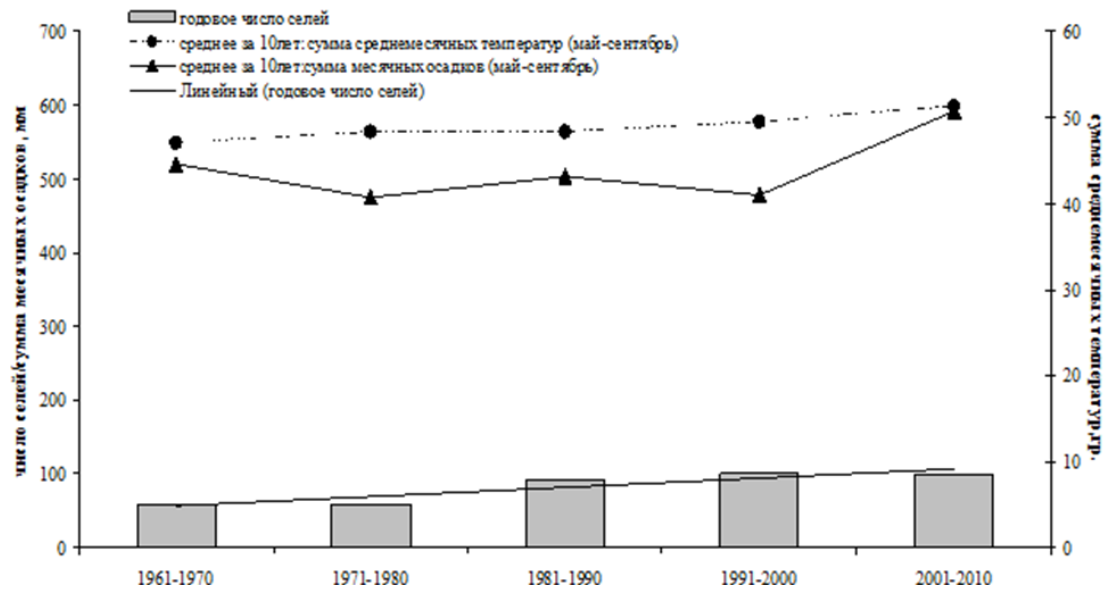


Рис. 6. Тенденция изменения количества селепроявлений в высокогорной части Кабардино-Балкарии за разные десятилетия в зависимости от сумм среднемесячных температур воздуха и сумм осадков за селевой период (май–сентябрь)

Fig. 6. The tendency of changes in the number of debris flows in the highlands of Kabardino-Balkaria for different decades, depending on the sums of average monthly air temperatures and the sums of precipitation for the debris flows period (May – September)

Можно отметить, что всплески селевой активности в высокогорной части КБР проявлялось в 1953, 1966, 1967, 1975, 1977, 1983, 1984, 1987, 1995, 1996 гг.

В 1953 г. количество селей в высокогорье Кабардино-Балкарии составило 24 (по всей территории КБР – 27). Сумма среднемесячной температуры за селевой период (май – сентябрь) составила 57°C, что на 6,8°C превышало норму, сумма положительных температур с начала теплого периода по данным метеостанции Терскол достигла экстремальных значений и составила 1255,7°C, что на 400°C больше, чем в предыдущие селеопасные годы. Сумма осадков за селевой период (май – сентябрь) составила 447 мм, что меньше нормы на 36 мм, хотя в отдельные дни присутствовали аномальные осадки (обеспеченность 10%). Сели этого года в основном активизировались в бассейнах с оледенением (гляциальный, гляциально-дождевой генезис селей).

В 1966 г. (количество селей в высокогорье КБР 10, по всей территории КБР - 44) сумма среднемесячной температуры за селевой период (май – сентябрь) составила 49°C, что на 0,9°C меньше нормы, сумма осадков за селевой период 451 мм, что на 32 мм ниже нормы. Массовый сход селей в этом году спровоцировал ливень (24,5 мм) 3 августа. В остальные дни селевого периода этого года сели не зарегистрированы [Кононова и др., 2007].

Селевая активность 1967 г. (количество селей в высокогорье КБР 15, по всей территории КБР – 39) вызвана экстремальной суммой осадков 1% обеспеченности. Так, в Терсколе 5 августа выпало 69,9 мм осадков при интенсивности ливня 0,42 мм/мин. Поскольку ливень был теплый, то он максимально способствовал усилению абляции [Кононова и др., 2007]. Сумма осадков за селевой период составила 674 мм, что на 191 мм выше нормы. Сумма среднемесячной температуры за селевой период (май – сентябрь) составила 42,5°C, что на 7,2°C ниже нормы. В этом году в высокогорье КБР преобладали дождевые сели.

Сели 1975 г. (количество селей в высокогорье КБР 11, по всей территории КБР - 34) вызваны высокими температурами, сумма среднемесячной температуры за селевой период (май – сентябрь) составила 54°C, что на 4,3°C выше нормы. Сумма осадков за селевой период составила 446 мм, что на 38 мм ниже нормы.

Лето 1977 г. отмечено по количеству (13 в высокогорье КБР и 67 по всей территории КБР) и мощности селей в р. Баксан. Сумма среднемесячной температуры за селевой период (май – сентябрь) составила 46,9°C, что на 2,8°C ниже нормы. Сумма осадков за селевой период составила 516 мм, что на 33 мм выше нормы. Массовый сход селей наблюдался в августе. С июня по первую декаду августа суммы положительных температур и количество осадков отличались аномально высокими значениями, при этом небольшие положительные аномалии температуры наблюдались каждый день. Но в целом год не был экстремально влажным и жарким. В этом году преобладали сели ледниково-дождевого генетического типа.

Катастрофическая активизация селей летом 1983 г. (количество селей в высокогорье КБР – 15, по всей территории КБР – 70) подготовлена длительным сухим жарким июльским периодом (сумма температур за июль составила 393,3°C), хотя сумма среднемесячной температуры за селевой период (май-сентябрь) составила 45,9°C и была ниже нормы на 3,8°C, сумма осадков за селевой период составила 466 мм, что на 17 мм ниже нормы. Массовый сход селей спровоцировал интенсивный ливень 19 июля (36,4 мм, за весь июль выпало 134,4 мм).

В 1984 г. было зафиксировано 13 случая селепроявлений в высокогорье КБР (по всей территории КБР – 32). Сумма среднемесячной температуры за селевой период (май-сентябрь) составила 46,9°C и была ниже нормы на 2,8°C, сумма осадков за селевой период составила 486 мм, что всего на 3 мм выше нормы. Сели сошли в результате интенсивного ливня 24-25 июля (23,8 мм; 51,6 мм соответственно), всего в июле выпало 172,1 мм осадков. Сели были дождевого генезиса.

Сели 1987 г. (количество селей в высокогорье КБР – 30, по всей территории КБР – 45) были в основном дождевого генетического типа. Сумма среднемесячной температуры за селевой период (май-сентябрь) составила 49,1°C и была ниже нормы на 0,6°C, сумма осадков за селевой период составила 692 мм, что на 209 мм выше нормы.

Сели в 1995, 1996 гг. (количество высокогорных селей в КБР – 20, 17 соответственно, по всей КБР – 22, 18 соответственно) были вызваны интенсивными ливнями. Сумма осадков за селевой период существенно превышала норму (в 1995 г. на 107 мм, в 1996 г. на 210 мм).

В знаменательном 2000 году, когда сошел катастрофический сель по реке Герхожан, норма суммы среднемесячной температуры за селевой период была превышена на 1,6°C, а сумма осадков за селевой период была на 48 мм ниже нормы. Количество селей по всей территории КБР было незначительно, всего 9 случаев, из них в высокогорной зоне 7.

Выводы

1. Выполнена оценка возможных изменений в активности распространения селевых процессов в результате региональной климатической изменчивости.

Имеет место следующая динамика климатических факторов селеформирования:

а) на Северном Кавказе за 1971-2011 гг. среднегодовая температура увеличилась на 1,2°C, а годовая сумма атмосферных осадков на 138 мм;

б) температура воздуха по Северному Кавказу, как за теплый, так и за холодный периоды за 1971-2011 гг. изменилась с положительными трендами 0,026 и 0,032°C/пер., соответственно;

в) тренды атмосферных осадков в среднем по Северному Кавказу за теплый и холодный периоды также положительные и соответственно составили 1,206 и 2,28 мм/пер.;

г) на Северном Кавказе в среднем за 1971-2011 гг. температура воздуха за холодный период возросла на 1,1°C, а за теплый на 1,4°C. Атмосферные осадки за эти периоды увеличились соответственно на 35 и 107 мм, или на 5 и 20% от нормы.

2. С 1971 по 2011 гг. среднее число селей в год на Северном Кавказе увеличилось почти на 80%. Основной причиной увеличения количества селевых потоков с 1971 г.

явилось увеличение температуры воздуха и атмосферных осадков, как среднегодовых их значений, так и за теплый период года.

3. По данным метеостанции «Терскол», тренды многолетних изменений суммы среднемесячной температуры и суммы осадков за селевой период (май – сентябрь) положительные. С 1953 по 2015 годы сумма среднемесячных температур за селевой период (май – сентябрь) выросла на 0,9°C, а сумма осадков за селевой период (май-сентябрь) увеличилась на 138 мм.

4. За 50 лет среднее количество селей в год в высокогорной части КБР выросло на 70 %. Таким образом, подтверждается факт увеличения селевой активности в связи с климатической изменчивостью на региональном уровне.

5. Проведенный анализ показывает, что активизация селевой активности в меньшей степени связана с абсолютными значениями метеопараметров за год, за сезон, за месяц. Существенную роль играют только суточные экстремальные значения температуры и осадков. В то же время важен предшествующий экстремальной дате режим различных метеорологических показателей.

Список литературы

- 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.
- 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.
- 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.
- Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [Электронный ресурс]. – М.: Изд-во Росгидромета, 2008. http://climate2008.igce.ru/v2008/pdf/tesume_ob.pdf.
- Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М. Река Терек. Гидрография и режим стока. – Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2015. 607 с.
- Панов В.Д. Эволюция современного оледенения Кавказа. – СПб: Гидрометеиздат, 1993. – 431 с.
- Самнер Г. Математика для географов. М.: «Прогресс», 1981. 29 с.
- Кононова Н.К., Мальнева И.В., Сейнова И.Б. Циркуляционные механизмы формирования катастрофических селей на стадии оледенения Центрального Кавказа // Материалы гляциологических исследований. 2007. № 102. С. 154-160.