

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

---

Proceedings  
of the 7<sup>th</sup> International Conference

Chengdu, China, 23–27 September 2024



Edited by  
S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva

---

Geomarketing LLC  
Moscow  
2024

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

---

Труды  
7-й Международной конференции

Чэнду, Китай, 23–27 сентября 2024 г.



Ответственные редакторы  
С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева

---

ООО «Геомаркетинг»  
Москва  
2024

# 泥石流： 灾害、风险、预测、防治

---

會議記錄

第七届国际会议

中国成都, 2024年9月23日至27日



編輯者

S.S. Chernomorets, K. Hu, K. Viskhadzhieva

---

Geomarketing LLC

莫斯科

2024

УДК 551.311.8  
ББК 26.823  
С29

**Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection.** Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). – Ed. by S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – Moscow: Geomarketing LLC. 622 p.

**Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита.** Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. 622 с.

**泥石流：灾害、风险、预测、防治。 會議記錄 第七届国际会议. 中国成都。** 編輯者 S.S. Chernomorets, K. Hu, K.S. Viskhadzhieva. – 莫斯科: Geomarketing LLC. 622 p.

ISBN 978-5-6050369-6-8

Ответственные редакторы: С.С. Черноморец (МГУ имени М.В. Ломоносова), К. Ху (Институт горных опасностей и окружающей среды Китайской академии наук), К.С. Висхаджиева (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Edited by S.S. Chernomorets (Lomonosov Moscow State University), K. Hu (Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS), K.S. Viskhadzhieva (Lomonosov Moscow State University).

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: Geografgiz, 1951, p. 51).

© Селевая ассоциация

© Debris Flow Association



## Анализ условий формирования селей в Приэльбрусье в XXI веке

И.В. Мальнева<sup>1</sup>, М.Д. Докукин<sup>1</sup>, М.А. Анаев<sup>2</sup>, М.М. Хаджиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия, [malnir@mail.ru](mailto:malnir@mail.ru)

<sup>2</sup>Главное управление МЧС России по Кабардино-Балкарской Республике, Нальчик, Россия

**Аннотация.** Представлены материалы о проявлении селей и других склоновых процессов в Кабардино-Балкарии в 2022 и 2023 г., а также в 2000 и 2017 г. Эти годы отличались аномально высокой температурой воздуха летом на Кавказе, и в Северном полушарии в целом. Отмечено, что особенности развития наиболее опасных геологических процессов (оползней, селей и др.) обусловлены глобальными климатическими изменениями. Для оценки климатических изменений и крупнейших катастроф использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария Земли, разработанная под руководством Б.Л. Дзердзеевского. Материалы типизации с 1899 по 2018 г. размещены в сети Интернет в открытом доступе на сайте [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru). Учтены изменения солнечной активности и особенности космической погоды в последние годы, которые приближаются к максимуму 25 цикла солнечной активности.

**Ключевые слова:** сели, оползни, солнечная активность, космическая погода, атмосферная циркуляция, элементарный циркуляционный механизм

**Ссылка для цитирования:** Мальнева И.В., Докукин М.Д., Анаев М.А., Хаджиев М.М. Анализ условий формирования селей в Приэльбрусье в XXI веке. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 307–315.

## Analysis of debris flow formation conditions in the Elbrus region in the 21st century

I.V. Malneva<sup>1</sup>, M.D. Dokukin<sup>1</sup>, M.A. Anaev<sup>2</sup>, M.M. Khadzhiev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia, [malnir@mail.ru](mailto:malnir@mail.ru)

<sup>2</sup>Main Directorate of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters for the Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Russia

**Abstract.** The materials on the manifestation of debris flows and other slope processes in Kabardino-Balkaria in 2022 and 2023, as well as in 2000 and 2017 are presented. These years were characterized by abnormally high air temperatures in summer in the Caucasus and in the Northern Hemisphere as a whole. It is noted that the peculiarities of the development of the most dangerous geological processes (landslides, debris flows, etc.) are caused by global climatic changes. To assess climate change and major disasters, the typification of atmospheric circulation in the Northern Hemisphere of the Earth, developed under the guidance of B.L. Dzerdzevsky, was used. The materials of the typification from 1899 to 2018 are posted on the Internet in open access on the website [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru). The changes in solar activity and the peculiarities of space weather in recent years, which are approaching the maximum of the 25th cycle of solar activity, are taken into account.

**Key words:** debris flows, landslides, solar activity, space weather, atmospheric circulation, elementary circulation mechanism



**Cite this article:** Malneva I.V., Dokukin M.D., Anaev M.A., Khadzhiev M.M. Analysis of debris flow formation conditions in the Elbrus region in the 21st century. In: Chernomorets S.S., Hu K., Viskhadzhieva K.S. (eds.) Debris Flows: Disasters, Risk, Forecast, Protection. Proceedings of the 7th International Conference (Chengdu, China). Moscow: Geomarketing LLC, 2024, p. 307–315.

## Введение

XXI в. в Северном полушарии отличается обилием природных катастроф и в первую очередь погодных аномалий – волны экстремальной жары, разрушительные лесные пожары. В России прошедший август оказался самым теплым в истории регулярных метеонаблюдений, т.е. с 1891 г. В связи с глобальным изменением климата в последнее время наблюдается активизация природных катастроф, связанных с проявлением опасных склоновых процессов, среди которых выделяются сели и парагенетически связанные с ними оползни, эрозия и др. К числу регионов с наиболее высокой активностью селевых процессов на территории России относится Северный Кавказ, где в течение XXI в. отмечена наиболее катастрофическая активизация селей в Приэльбрусье.

Приэльбрусье по праву считается одним из самых популярных горнолыжных курортов в России. Необходимость защиты от проявления опасных склоновых процессов обуславливается здесь в первую очередь растущей рекреационной нагрузкой. За последние 6 лет туристический поток вырос в 2,5 раза.

Начало XXI в. отмечено катастрофическими гляциальными селями, прошедшими по реке Герхожан-су в 18–25 июля 2000 г. (бассейн р. Баксан). В зоне поражения оказались две трети г. Тырнауза, получили разрушения многочисленные здания и сооружения, имелись человеческие жертвы. Также наиболее сильная активизация произошла 1 сентября 2017 г. в результате прорыва озера Башкара по долине р. Адыл-Су, где произошел сход селевого потока объемом около 800 тыс. м<sup>3</sup> и наносоводный сель по реке Баксан [Докукин, 2018; Черноморец, 2018]. Также имелись человеческие жертвы.

Наблюдения за проявлением селей и факторами, их обуславливающими, на территории КБР проводятся много лет различными ведомствами. Накоплен очень большой материал, который, безусловно, является основой для прогнозирования селей. Вместе с тем, учитывая возрастающую техногенную нагрузку, необходимы непрерывные режимные наблюдения, которые на современном уровне и в объеме, представляющем исчерпывающий материал для прогнозирования селей, в настоящее время не ведутся.

Авторы много лет занимались исследованием условий формирования селей в наиболее селеопасных бассейнах, в том числе и условиями формирования катастрофических селевых потоков в 2000 и 2017 г. При этом условия во многом были похожи, но в 2022 и 2023 г. катастрофических проявлений селей не наблюдалось. Для оценки опасности подобных катастроф в будущем необходимо определить причину низкой и высокой активности селей в эти годы.

## Краткий обзор проблемы

При сопоставлении условий формирования селей и других склоновых процессов целесообразно рассматривать их проявление и факторы, их обуславливающие, как **сложную открытую многокомпонентную систему**, в которой проявление отдельных процессов является результатом действия всей системы [Шеко, 1980]. В ходе развития системы осуществляется энергомассообмен между отдельными компонентами природы и привнос энергии и вещества извне. Главным звеном в этой цепи причинно-следственных связей является энергия, поступающая от Солнца.

Все факторы, обуславливающие развитие и активизацию селевого процесса, целесообразно разделить на три группы постоянные (геологические и геоморфологические условия), медленноизменяющиеся (климатические,



геокриологические условия, быстроизменяющиеся (метеорологические, гидрологические факторы, сейсмичность и хозяйственная деятельность). Активность селей обусловлена факторами последней группы – метеорологическими, гидрологическими, сейсмическими условиями, а также деятельностью человека. В качестве основных быстроизменяющихся факторов развития склоновых процессов выступают также показатели внеземных геофизических полей, а именно – изменения солнечной активности. Еще в начале прошлого века важные аспекты солнечно-земных связей были отмечены А.Л. Чижевским [*Чижевский, 2004*]. При исследовании условий формирования селей необходимо знать так называемый «триггерный» фактор. При этом наибольшее значение имеет фактор так называемой «триггерной» погоды, т.е. погоды, когда развитие селевого процесса происходит при взаимодействии характера погоды и горных пород в очагах формирования селей.

### Методы исследований

При исследовании условий формирования селей применялся широкий комплекс методов полевых исследований. Можно отметить, что для оценки возможной обстановки, связанной с переувлажнением склонов и прогнозом сетевой активности, ежегодно в период март-апрель аэровизуальное наблюдение за снегомерными рейками. При невозможности применять вертолет, проводится маршрутные специализированные обследования с применением беспилотных летательных аппаратов. В наиболее опасных местах выставляются сезонные посты наблюдения, непосредственно вблизи селевого бассейна. В последнее время для выявления состояния и динамики склонов, селевых бассейнов, моренно-ледниковых озер и т.д., активно и весьма эффективно используется дистанционное зондирование и земли, метод дешифрирования космических снимков. Кроме эмпирических методов, специалистами ведется многолетний сбор и обобщение моделей возможного развития событий. Модели строятся также и по наихудшему сценарию развития событий. В настоящей работе были использованы статистические методы.

### Данные

Авторами использованы суточные данные метеорологических наблюдений за температурой воздуха, атмосферными осадками, снежным покровом по данным метеостанции Терскол за июнь – август 2000–2023 г., а также данные многолетних наблюдений на метеостанции Терскол. Даты проявления селей сопоставлены с ежедневными синоптическими картами Северного полушария, построенными в Гидрометцентре РФ, что позволило определить характер погоды, способствующий формированию селей, а также с проявлением элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Северного полушария по типизации Б.Л. Дзердзеевского [*Кононова, 2009; Кононова 2015*], ([www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru)), в этом районе. Для анализа синоптической ситуации также использовались карты Северного полушария (Германия), обновляемые ежедневно в открытом доступе на сайте <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsjmaeur.html>. Для анализа космической погоды в период формирования и прохождения селей использовались данные, помещенные в открытом доступе на сайте [www.tesis.ru](http://www.tesis.ru), и анализ показателей, которые связаны со вспышками активности Солнца. Вспышечная активность на Солнце и степень возмущения его магнитосферы оценивалась по фактическим солнечноветровым данным – помещенным в сети Интернет в открытом доступе на сайте <http://www.spaceweather.com>.

### Анализ результатов исследований

Территория Приэльбрусья отличается высокой пораженностью селевым процессом. Кроме катастрофических селевых потоков в 2000 и 2017 г. сели с



незначительным объемом выносов прошли в 2005, 2006, 2010, 2011, 2013, 2019 г. Все они в той или иной степени обусловлены метеорологическим фактором. Большое значение в развитии селевого процесса играли температурные условия.

При оценке метеорологических условий формирования селей следует отметить, что вследствие тенденции повышения температуры воздуха в начале XXI в. были созданы условия для изменения абляции, повышения снеговой линии на ледниках, которые сохраняются до настоящего времени. Снеговая линия поднялась значительно выше. Отсюда освободились значительные территории моренных комплексов с погребенными льдами. Маршрутные и вертолетные обследования последнего десятилетия показали, что кромки ледников Центрального Кавказа во многих местах перешли отметку в 3000 м над уровнем моря и находятся выше. В связи с этим снег, выпавший за зимний период на ледниках, не успевает таять за летний период, тем самым создается «чехол», который препятствует активной абляции. Поэтому в селеопасный период высокие значения температуры воздуха и даже совпадающие с ними периоды значительного количества осадков недостаточны для формирования мощного селевого потока.

В связи с интенсивной деградацией ледников помимо всего прочего исчезли моренные озера. Так существенные изменения произошли в верховьях Каяартысу. Зандры все остались далеко от края ледника. Однако, сохранилось достаточное количество погребенных льдов, которые могут принять участие в формировании селей при аномально высоких температурах и достаточном увлажнении за счет осадков. Увеличение количества осадков в целом способствовало активизации селей дождевого и смешанного генезиса, учитывая характер четвертичных отложений в Приэльбрусье, в частности, оползневых отложений. Вместе с тем, конкретные даты проявления селей не всегда совпадают с повышенными значениями метеорологических факторов (рис. 1).



Рис. 1. Многолетний ход средней температуры воздуха за июль – август по данным ГМС Терскол

Для оценки влияния метеорологических факторов формирования селей необходимо учитывать широкое развитие в районе исследований различных по генезису рыхлообломочных пород, являющихся средой развития экзогенных геологических процессов. Широким распространением в районе пользуются оползневые и селевые накопления. В высокогорной зоне оползни – потоки активизируются летом при





интенсивном таянии ледников и погребенных льдов, а весной при таянии снежного покрова, склоновые отложения могут приобретать тиксотропные свойства.

Рассмотрим проявление катастрофических селей, роль в их развитии метеорологических факторов. В сравнении с аномально жаркой погодой летом 2000, 2017, 2022 и 2023 г.

В июле 2000 г. наблюдалась экстремально высокая средняя месячная температура воздуха – самая высокая средняя месячная температура за весь период наблюдений. Максимальные средние суточные значения по данным метеостанции Терскол в период формирования и прохождения селей превышали 28 °С. По-видимому, на высоте 3500 м максимальная суточная температура была около 20 °С, так как по утверждению многих исследователей разница между значениями этого показателя на высоте 1500 и 3500 м составляет, примерно, 10 °С. Наиболее высокой она была в период с 14 по 23 июля [Мальнева, 2001].

Характерной особенностью синоптических условий на Северном Кавказе в теплый период 2000 г. было то, что с 14 мая по 4 августа этот район почти непрерывно находился под воздействием антициклона, пополняемого воздушными массами с севера в тылу проходивших севернее южных циклонов. С таким положением связаны и экстремально высокие температуры воздуха в отдельные дни, и сравнительно небольшое количество осадков. Катастрофический сель 2000 г. на р. Герхожансу был подготовлен продолжительным таянием ледника при ясной погоде и достаточно высокой температуре воздуха. Решающим было накопление талой воды в подледниковых условиях и прорывной водный импульс.

В 2017 г. прохождение селей было подготовлено аномальными погодными условиями в июле и августе. Так в июле 12 дней средняя суточная температура воздуха была выше 15 °С (по данным ГМС Терскол), что является пороговым критическим значением при формировании селей. В августе с начала месяца не было средней суточной температуры ниже 15 °С, а доходила она почти до 20°С, что обусловлено влиянием мощного антициклона на юге Европейской России. Осадков в августе практически не было. К 11 августа снеговая линия проходила на высоте более 3800 м. При этом высокие температуры воздуха создают условия для формирования больших объемов талых ледниковых вод, которые могут накапливаться внутри ледника и затем прорываться в виде гляциальных паводков. После длительного периода аномально жаркой погоды над высокогорными районами Центрального Кавказа установился атмосферный фронт, с которым были связаны локальные ливни. Причиной прорыва озера Башкара и катастрофического селя в Баксанском ущелье Кабардино-Балкарии стал один такой ливень. Такого сильного ливня в этом районе не было более четверти века.

Характер погоды в июле и августе в 2022 и 2023 г. имеет много общего с годами проявления катастрофических селей, лето было не просто жарким, а чрезвычайно жарким (таблица 1). Подготовка селевого процесса происходила длительное время и связана была с накоплением воды в массиве береговой морены от водотока, берущего начало с ледника, и разжижением моренного грунта. В Баксанском ущелье прошел сель по р. Герхожансу 5 августа 2022 г. с небольшим объемом выносов. За 4,5 часа до селя приледниковая зона в верховьях р. Каяартысу была практически свободна от облаков, что может служить основанием для предположения о незначительной роли атмосферных осадков в формировании селя. В 2023 г. прохождения селей по селеопасным водотокам не наблюдалось.

Характер погоды во все указанные в таблице 1 годы был обусловлен соответствующим характером атмосферной циркуляции. Для изучения режима ряда природных процессов, в частности, оползней, селей и др., использовалась типизация макроциркуляционных процессов, разработанная Б.Л. Дзердзеевским и др. [Кононова, 2009; Кононова 2015]. К настоящему времени календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (сокращенно ЭЦМ) составлен с 1899 по 2019 гг. как в публикациях, так и на сайте <https://atmospheric-circulation.ru/>.

Годы максимального развития в северном полушарии меридиональной северной и южной групп циркуляции неоднократно были годами природных катастроф.



Таблица 1. Среднемесячные температуры воздуха и количество осадков в годы проявления катастрофических селевых потоков и в 2022 и 2023 г. по отношению к среднему многолетнему значению (по данным ГМС Терскोल)

Год	Месяцы					
	Среднемесячные значения температуры воздуха ( $T_{ср.}$ ) и количества осадков ( $Q$ ), °С и мм соответственно					
	июнь		июль		август	
Среднее многолетнее значение	$T_{ср.}$	$Q$	$T_{ср.}$	$Q$	$T_{ср.}$	$Q$
	9,9	93	12,5	100	12,1	91
2000	9,8	98,7	15,6	58,6	12,2	105,9
2017	10,6	80,9	14,1	67,1	14,1	83,4
2022	10,8	107,2	13,11	87,8	14,8	42,7
2023	10,9	83,5	12,8	71,5	14,9	98,7

Росту их повторяемости способствует меняющийся характер циркуляции атмосферы: увеличение повторяемости блокирующих процессов (арктических вторжений, заканчивающихся формированием обширного стационарного антициклона) и выходов южных циклонов. В сложившейся ситуации, когда высокогорные районы Кабардино-Балкарии совершенно не охвачены метеорологическими наблюдениями, приобретают особое значение количественные показатели атмосферной циркуляции, с которыми, как указывалось выше, тесно связаны проявления селей. По данным календаря ЭЦМ можно подсчитать число дней с каждым ЭЦМ за месяц, за год и т.д. На основании анализа данных селевой деятельности, приведенных выше, и многолетних исследований совместно с Н.К. Кононовой можно сказать, что ЭЦМ являются моделью погоды для конкретного района [Мальнева, 2001].

Наиболее опасным в 2000, 2017 г. был ЭЦМ 13л. В последние годы отмечается значительный рост продолжительности меридиональной южной циркуляции, в том числе наиболее процессоопасного ЭЦМ 13л. При ЭЦМ 13л, отмечается 4 выхода южных циклонов в Северном полушарии, из них три – на территории России, один из которых – на Кавказе. За короткое время прохождения циклона (1–2 дня) могут выпадать большие суммы осадков, имеющие обеспеченность менее 1%, часто в виде интенсивных ливней. Это приводит к активизации оползневой, селевой, эрозионной и др. процессов. Как правило, с ЭЦМ 13л связано повышение температуры воздуха [Кононова, 2009]. Летом при ЭЦМ 13л уменьшается количество осадков, но повышается температура воздуха. На рис. 2 представлена продолжительность ЭЦМ 13л и 12а в настоящее время и по прогнозу в ближайшие годы [Кононова, 2009; Мальнева, 2019].

На основании анализа условий формирования селей в 2000, 2017, 2022 и 2023 г. для обеспечения безопасности территории необходимо отметить различие и сходство условий формирования селей и соответственно возможность их катастрофической активизации в ближайшие годы.

При ежегодных исследованиях условий формирования селей в Приэльбрусье после катастрофического селя 2000 г. авторы обратили внимание на характеристику космической погоды [Гонсировский, 2017] и в течение 2001–2023 гг. вели наблюдения с целью также установить связь между проявлением селей и показателями космической погоды [Мальнева, 2022].

Основной агент, посредством которого активные процессы на Солнце влияют на состояние околоземного пространства, геомагнитосферы и приповерхностной области Земли – это солнечный ветер. Посредством солнечного ветра происходит перенос импульса и энергии от Солнца к Земле и другим планетам. Было отмечено, что влияние космической погоды может проявить себя только тогда, когда для него будут подготовлены земные природные условия, в значительной степени определяющие активность опасных природных процессов [Мальнева, 2020].

Основные параметры плазмы геоэффективного солнечного ветра вблизи орбиты Земли – скорость плазмы солнечного ветра, измеряемая в км/с, и концентрация



(плотность) протонов в плазме солнечного ветра, измеряемая количеством частиц в кубическом сантиметре (ед./см<sup>3</sup>).

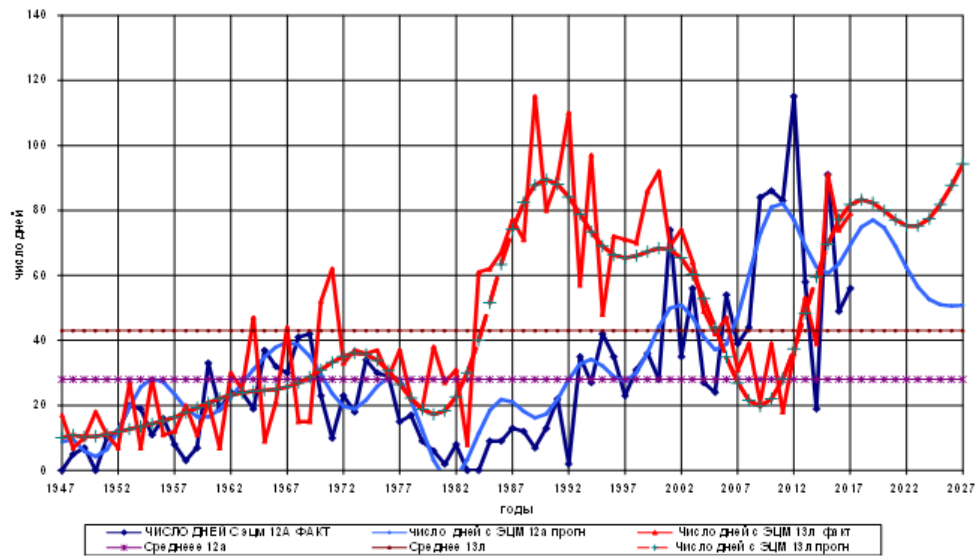


Рис. 2. Продолжительность ЭЦМ 13л и 12а в настоящее время и по прогнозу в ближайшие годы

Наибольшие амплитуды всплесков значений скорости солнечного ветра, достигающие до 1800–2300 км/с и протонов до 10–50 ед./см<sup>3</sup> и более, наблюдаются тогда, когда он истекает из корональных дыр – открытых магнитных конфигураций с расходимостью магнитных силовых линий [Мальнева, 2020]. При исследованиях селей в период их формирования и прохождения, в первую очередь, были использованы. Фактические данные по солнечному ветру помещены в сети Интернет в открытом доступе (например, на сайтах <http://www.spaceweather.com/>, [www.thesis.xras.ru](http://www.thesis.xras.ru)).

На основании имеющихся данных были собраны сведения о наиболее значительных проявлениях оползней и селей на территории России и стран СНГ в XXI в. и сопоставлены с некоторыми параметрами солнечного ветра.

Указанные селевые катастрофы – это результат прорывных инжекций в приповерхностную область Земли сгустков отсоединившихся в геомагнитосферу компонент геоэффективного солнечного ветра [Гонсировский, 2017].

В наших работах [Мальнева, 2019; Мальнева, 2022] было отмечено, что опасными периодами для развития процессов являются переломные моменты в ходе солнечной активности.

В декабре 2019 г. закончился 24-й солнечный цикл и начался новый 25-й цикл [Ишков, 2022]. Считалось, что многолетние данные по солнечной активности (выраженной в числах Вольфа), наблюдаемой с 1749 г., позволяют экстраполировать ее изменения, а, следовательно, и тенденцию связанных с ней природных явлений на много лет вперед [Мальнева, 2019; Шеко, 1980].

Наступивший 25 цикл по новым предположениям специалистов будет выше, чем 24 цикл и, скорее всего, похож на 23 цикл, который был очень опасным с точки зрения активности селей (рис. 3). Через несколько лет после минимума предыдущего цикла в 1997 г. в Приэльбрусье произошла активизация селей. Если считать от 2019 г. в 25-м цикле, подобная активизация была возможна и в 2022 г., но вероятнее в 2023–2024 гг., когда по новым представлениям ученых близко к возможному максимуму 25-го цикла [Ишков, 2022].

Таким образом, период 2022–2025 гг. – это период возможной катастрофической активизации селей в наиболее опасных бассейнах Северного Кавказа и парагенетически связанных с ними оползневых и эрозионных процессов. Однако, при сходных



метеорологических условиях активизация селей в Приэльбрусье в 2022 и 2023 г. не произошла. Как отмечено по материалам сайта [spaceweather.com](http://spaceweather.com) в 2021 г. характер активности Солнца начал меняться (рис. 3).

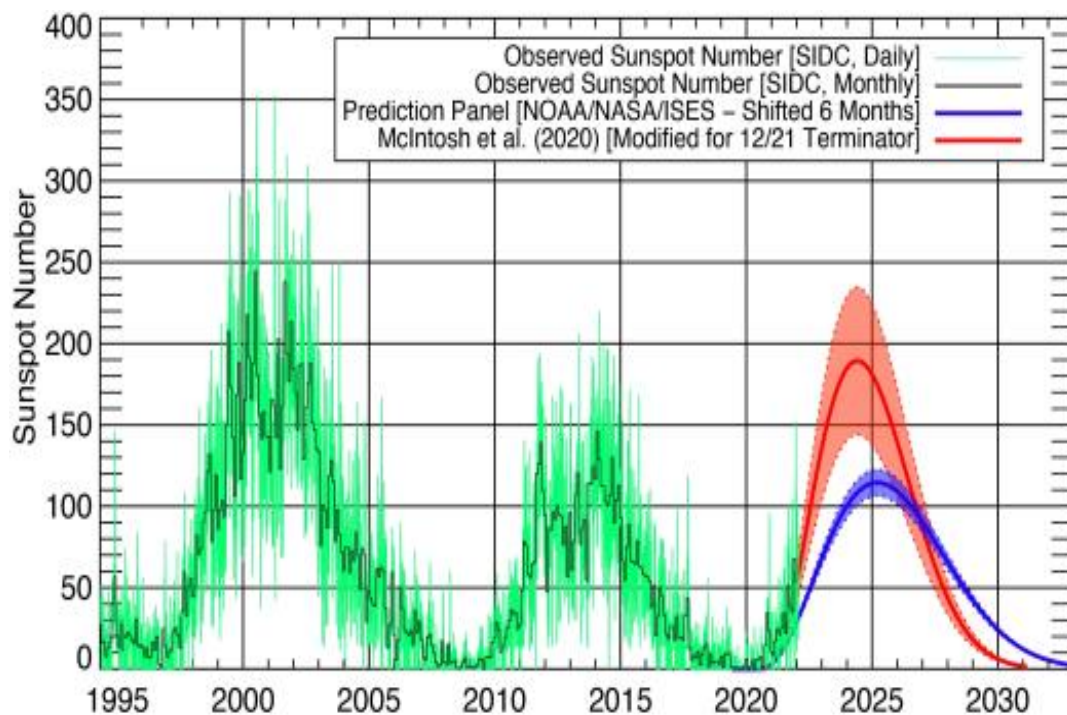


Рис. 3. Предсказания для солнечного цикла 25. Синий – официальное предсказание слабого цикла. Красный – это новый прогноз, (по данным сайта [spaceweather.com/](http://spaceweather.com/))

Хотя солнечная активность оставалась очень высокой, различные события в эти годы чаще происходят на обратной стороне Солнца и не оказывают очень большого влияния на развитие процессов на Земле. Хотя это влияние в той или иной степени проявляется. В 2022 и 2023 г., количество корональных дыр существенно уменьшилось на земной стороне Солнца, инъекций плазмы солнечного ветра практически не происходит.

### Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы. Количество экстремумов, как температуры воздуха, так и осадков, в XXI в. продолжает расти. Отрицательные экстремумы осадков в сочетании с положительными экстремумами температуры воздуха приводят к природным пожарам, положительные экстремумы осадков – к катастрофическим наводнениям. Росту повторяемости и тех, и других способствует меняющийся характер циркуляции атмосферы: увеличение повторяемости блокирующих процессов (арктических вторжений, заканчивающихся формированием обширного стационарного антициклона) и выходов южных циклонов.

На основании всех рассмотренных материалов следует дать предварительную оценку активности наиболее опасных процессов на Северном Кавказе – селей и оползней, парагенетически связанных между собой, в ближайшие годы. Вероятность катастрофической активизации указанных процессов в 2024 и 2025 г. зависит от изменения характера солнечной активности. Необходимо вести систематические наблюдения и учитывать наличие корональных дыр, что является наиболее опасным. Пока не изменится существующая направленность активности Солнца, тенденцию развития опасных природных процессов на конкретной территории определить очень трудно.



## Список литературы

- Гонсировский Д.Г. О возможном влиянии плазмы солнечных вспышек на возникновение гляциальных селевых потоков на Земле // Жизнь Земли. 2017. Т. 39. № 2. С. 147–154.
- Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Хаджиев М.М., Богаченко Е.М., Савернюк Е.А. Селевые потоки 14–15 августа 2017 г. в бассейне р. Герхожан-Су (Центральный Кавказ): условия и причины формирования, динамика, последствия // ГеоРиск. 2018. Т. 12. № 3. С. 82–94.
- Ишков В.Н. Космическая погода в 25 солнечном цикле и его особенности развития // Семнадцатая конференция «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН, 7–11 февраля 2022 г. Тезисы докладов. Москва: Издательство ИС РАН. 2022. С. 71.
- Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Отв. ред. А.Б. Шмакин, М.: Ин-т географии РАН. 2009. 371 с. Прил. 1. Календарь последовательной смены ЭЦМ за 1899–2008 гг. С. 219–328.
- Кононова Н.К. Изменения циркуляции атмосферы Северного полушария в XX–XXI столетиях и их последствия для климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. № 1. С. 127–156.
- Мальнева И.В., Кононова Н.К. Метеорологические условия формирования катастрофических селей в июле 2000 года в бассейне р. Герхожан-су и прогноз селевой опасности // Геологическое изучение и использование недр: Научн.-техн. информ. сб. Вып. 6. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. С. 75–81.
- Мальнева И.В. Прогнозирование современных геологических процессов на территории России и стран СНГ в начале XXI века // Геоэкология. 2019. Вып. 1. С. 87–98.
- Мальнева И.В., Черкесов А.А. Особенности космической погоды и метеорологических условий в Приэльбрусье летом 2019 года и проявление опасных природных процессов // Пятнадцатая конференция «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН, 12–14 февраля 2020 г. Москва. М.: ИКИ РАН, 2020. С. 234–297.
- Мальнева И.В., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Акаев А.Р., Анаев М.А. Оценка проявлений опасных природных процессов на Северном Кавказе в 2002 и 2022 гг. // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы XVII Общероссийской научно-практической конференции и выставки изыскательских организаций. М.: ООО «Геомаркетинг». 2022. С.214–221.
- Черноморец С.С., Петраков Д.А., Алейников А.А., Беккиев М.Ю., Висхаджиева К.С., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Кидяева В.М., Крыленко В.В., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Рец Е.П., Савернюк Е.А., Смирнов А.М. Прорыв озера Башкара (Центральный Кавказ. Россия) 1 сентября 2017 года // Криосфера Земли. 2018. Т. 22. № 2. С. 70–80.
- Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца. М.: Эксмо. 2004. 928 с.
- Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. Москва: Недра, 1980. 296 с.